

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

**Systém pro automatizované testování elektrických
generátorů**
Automated Electrical Generator Tester

2014

Bc. David Svozilek

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Svozilek**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika
Téma: **Systém pro automatizované testování elektrických generátorů**
Automated Electrical Generator Tester

Zásady pro vypracování:

Náplní práce je návrh a realizace měřicí části testeru elektrických generátorů. Testován bude generátor určený pro rekuperaci energie pro vozidla poháněné elektrickou energií. Velice důležitým parametrem generátoru je jeho účinnost v širokém spektru otáček a při různé úrovni zatížení. Tester musí být automatický a umožní proměření za výše uvedených podmínek a automaticky poskytne tištěné reporty.

Body zadání:

1. Provedení teoretického rozboru úlohy.
2. Provedení průzkumu trhu a návrh klíčové komponenty systému.
3. Návrh a implementace kódu v LabVIEW, realizující automatický tester.
4. Ověření funkčnosti a provedení shrnutí výsledků práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. 1. vyd. Ilustrace Viktorie Vlachová. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 247 s. ISBN 978-80-7300-245-9.
- [2] BITTER, Rick, Taqi MOHIUDDIN a Matt NAWROCKI. *LabView advanced programming techniques*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2007, 499 s. ISBN 08-493-3325-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Bilík, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



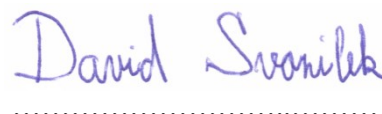
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 7. května 2014




David Svozilek

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Petru Bilíkovi, PhD., za jeho cenné rady a informace během realizace této diplomové práce.

V Ostravě 7. května 2014



David Svozilek

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vytvořením systém pro automatizované testování elektrických generátorů. Systém se skládá z motoru řízeného měničem, automatické zátěže řízené přes převodník USB/RS-485 z počítače, budiče generátoru řízeného přes USB, měřicí karty NI-USB 6211, čítače pulzů a tenzometru. Pomocí těchto zařízení se měří proudy, napětí, výkony, moment na hřídeli motoru, otáčky motoru, účinnost generátoru a účinník. Naměřené a vypočtené hodnoty se ukládají do TDMS souboru. Program je tvořen pomocí programovacího jazyka LabVIEW 2013.

Klíčová slova

LabVIEW 2013; buzení generátoru; měnič Siemens Micromaster 440; měřicí karta NI-USB 6211; TDMS; řízení motoru měničem; tenzometr; National Instruments; účinnost; účinník; moment na hřídeli; otáčky motoru

Abstract

This thesis deals with the creation of Automated Electrical Generator Tester. This tester is constructed from the engine which is controlled by inverter, automatic load which is controlled by computer via converter USB/RS-485, generator exciter which is controlled via USB, measuring card NI USB-6211, pulse counter and strain gauge. Tester measure and calculate with these devices current, voltage, power, shaft torque, engine speed, generator efficiency and power factor. Measured and calculated values are saved in the TDMS file. The application is written in the programming language LabVIEW 2013.

Key words

LabVIEW 2013; exciting of generator; inverter Siemens Micromaster 440; measuring card NI USB-6211; TDMS; engine controlled by inverter; strain gauge; National Instruments; efficiency; power factor; shaft torque; engine speed

Obsah

1. Úvod	1
2. Rozbor problematiky.....	2
2.1. <i>Současný stav systému a stanovení cíle.....</i>	2
2.2. <i>Účinnost.....</i>	5
2.3. <i>Výkon</i>	6
2.4. <i>Příkon.....</i>	7
2.5. <i>Točivý moment</i>	7
2.6. <i>Dostupný hardware</i>	8
2.6.1. <i>Rám s motorem a ložem pro generátor</i>	9
2.6.2. <i>Napájecí rozvaděč</i>	17
2.6.3. <i>Měřicí rozvaděč.....</i>	20
2.6.4. <i>Zátěžový rozvaděč.....</i>	25
3. Požadavky na řešení programu	29
3.1. <i>Požadavky na měřicí systém</i>	29
3.1.1. <i>Hardware, testeru</i>	29
3.1.2. <i>Měření a generování signálů, karta sběru datUSB-6211</i>	29
3.1.3. <i>Princip automatického testu</i>	29
3.1.4. <i>Princip manuálního testu</i>	30
3.2. <i>První návrh GUI.....</i>	30
4. Vytvořené aplikace.....	32
4.1. <i>Programová část hlavní měřicí aplikace</i>	32
4.1.1. <i>Architektura programu</i>	32
4.1.2. <i>Popis aplikace.....</i>	34
4.1.3. <i>Aplikace</i>	34
4.2. <i>Grafická část hlavní měřicí aplikace</i>	43
4.2.1. <i>Ovládací část (1).....</i>	44
4.2.2. <i>Nastavovací část (2)</i>	45
4.2.3. <i>Zobrazovací část (3. a).....</i>	47
4.2.4. <i>Zobrazovací část (3. b)</i>	50
4.2.5. <i>Informativní oblast (4)</i>	50
4.3. <i>Aplikace pro testování relé</i>	50
4.3.1. <i>Popis aplikace.....</i>	51
4.3.2. <i>Postup při testování</i>	51

4.4. <i>Tester tenzometru</i>	53
4.4.1. Postup při testování	54
5. Závěr	56
Použitá literatura	58
Přílohy	59
<i>Příloha 1 – instrukční soubor hlavní části programu</i>	59
<i>Příloha 2 – Projektová dokumentace</i>	65

Seznam použitých symbolů a zkratek

P_v	výkon - forma energie odebíraná ze zařízení za jednotku času
P_p	příkon - forma energie, kterou musíme zařízení dodat proto, abychom z něj byli schopni odebrat požadovaný výkon (ve formě energie za stejný čas)
η	účinnost
P_t	elektrický výkon testovaného generátoru
P_{mech}	mechanický výkon motoru
n	otáčky
M	moment
LED	(Light Emitting Diode) polovodičová součástka jež je schopna vyzařovat světlo
USB	(Universal Serial Bus) univerzální sériová sběrnice, nejčastěji použita pro připojení periférií k počítači
+RZ1	napájecí rozvaděč
+RZ2	měřicí rozvaděč
+RZ3	zátěžový rozvaděč
HBM	firma Hottinger Baldwin Messtechnik zabývající se měřicí technikou
PC	osobní počítač
U	napětí
U_b	budící napětí
I	proud
I_b	budící proud
R	odporová zátěž
P	činný výkon
Q	jalový výkon
S	zdánlivý výkon
$\cos \varphi$	účinník
π	Ludolfovo číslo (3,141592)
NI	National Instruments

TDMS	(Technical Data Management Streaming) binární formát dat a byl vyvinut pro vysokorychlostní zapisování velkého množství dat
fvz	vzorkovací frekvence
vz/per	vzorků na periodu
SW	zkratka slova software
VISA	(Virtual Instrument Software Architecture) softwarová vrstva, která obsahuje všechny běžně používané standardy I/O komunikace
RS485	standard sériové komunikace
GUI	(Graphical User Interface) Grafické uživatelské rozhraní
TTL	(transistor transistor logic) standard používaným pro implementaci digitálních integrovaných obvodů
m	závaží
g	tíhové zrychlení (9,81)
F	síla působící na tenzometr
l_1	délka ramene na němž je zavěšeno závaží
l_2	vzdálenost tenzometru od středu hřídele motoru
U_{in}	vstupní napětí
I_{in}	vstupní proud
U_{out}	výstupní napětí
např.	zkratka slova například

Seznam obrázků

Obr. 2.1 – blokové schéma zapojení testeru	3
Obr. 2.2 – propojení částí testeru [12]	3
Obr. 2.3 – Základní diagram testu	4
Obr. 2.4 - Napájecí a měřicí rozvaděče +RZ1 a +RZ2, uzavřené a otevřené	8
Obr. 2.5 - Rám s motorem, generátorem, inkrementálním čidlem a tenzometrem	9
Obr. 2.6 – rozdělení točivých elektrických strojů [13]	10
Obr. 2.7 – Použitý motor.....	12
Obr.2.8 – funkce inkrementálního čidla	14
Obr. 2.9 – použité inkrementální čidlo	14
Obr. 2.10 – použitý tenzometr S2M/50.....	15
Obr. 2.11 – Připojení tenzometru k motoru	16
Obr. 2.12 – umístění tenzometru	16
Obr. 2.13 – vnitřek napájecího rozvaděče	17
Obr. 2.14 – měnič MM440	18
Obr. 2.15 – nastavení parametrů motoru do měniče a nastavení manuálního nebo softwarového řízení	19
Obr. 2.16 – vnitřek měřicího rozvaděče	20
Obr. 2.17 – NI USB-6211	21
Obr. 2.18 – budící zdroj USB HCS 3100	22
Obr. 2.19 – převodníkové moduly.....	23
Obr. 2.20 – zesilovací modul tenzometru.....	24
Obr. 2.21 – rozvaděč +RZ3, uzavřený a otevřený	25

Obr. 2.22 – 2x Tedia MU-3251A a 64 relé	26
Obr. 2.23 – zátěže	27
Obr. 2.24 – zapojení odporů v jednom topném tělese [12]	28
Obr. 3.1 – první návrh grafického rozhraní pro automatický režim měření	31
Obr. 3.2 – první návrh grafického rozhraní pro manuální režim měření	31
Obr. 4.1 – komunikační řetězec VISA	32
Obr. 4.2 – projektová předloha	33
Obr. 4.3 – popis předlohy Kontinuální Měření a Záznam	33
Obr. 4.4 – diagram inicializace	34
Obr. 4.5 - indikační a ovládací prvky na rozvaděči +RZ1	35
Obr. 4.6 – diagram změny zátěže	36
Obr. 4.7 – rámec komunikačního protokolu pro karty Tedia	36
Obr. 4.8 – tabulka stavů pro jednotlivé odpory fáze L1	37
Obr. 4.9 – posloupnost příkazů ovladače	37
Obr. 4.10 – diagram kroku měření	38
Obr. 4.11 – hierarchická struktura TDMS	40
Obr. 4.12 – zápis okamžitých hodnot	41
Obr. 4.13 – zápis vypočtených dat	41
Obr. 4.14 – výčet stavů řídicí fronty	42
Obr. 4.15 – diagram řídicí fronty	43
Obr. 4.16 - rozdělení okna	44
Obr. 4.17.a – Automatický režim, Obr. 4.17.b – Manuální režim	45
Obr. 4.18 – data v definičním souboru	46

Obr. 4.19 – vysvětlení hodnot zátěží	46
Obr. 4.20 – číselné zobrazení hodnot	47
Obr. 4.21 - zobrazení hodnot v grafech	50
Obr. 4.22 – informativní část	50
Obr. 4.23 – tester relé	51
Obr. 4.24 – spínač pro napájení rozvaděče +RZ3	51
Obr. 4.25 – výběr stavu testu	52
Obr. 4.26 – výsledek testu All True	53
Obr. 4.27 – tester tenzometru	54

Seznam tabulek a grafů

Tab. 2.1 – štítkové hodnoty použitého motoru	13
Tab. 2.2 – parametry tenzometru [11]	15
Tab. 2.3 – potřebné nastavení zesilovače [14]	24
Graf 4.1 – přechodová charakteristika otáček na napětí	48

1. Úvod

V současnosti jsou ve výrobě a respektive v průmyslu stále častěji využívány systémy pro automatizované měření a testování. Je tomu tak hned z několika důvodů. Velké množství druhů měřících karet, senzorů, snímačů čili technologie pro řízení a sběr dat umožňuje vytvořit velmi sofistikované zařízení, které otestuje i velmi složitá zařízení s takovou rychlostí a přesností, jaké by člověk nikdy nebyl schopen. Nejen že se odstraní lidský faktor chybovosti, například špatné zadání či odečtení dat, špatné připojení snímače či kontaktu, ale rychlost měření nabyla nových rozměrů. Automatizované testování poskytuje to, co požaduje každý, větší efektivitu práce.

Systém, který byl vytvořen v této diplomové práci, se zabývá měřením účinnosti elektrických generátorů a zjištěním vzájemného posunu napětí a proudu v jednotlivých fázích generátoru. Testovaný generátor je poháněn motorem Siemens, který je řízen měničem Siemens Micromaster 440. Generátor je možno zatěžovat čistě odporovou zátěží. Měření a generování potřebných řídicích signálů se realizuje skrze měřicí kartu NI-USB 6211. Hlavními senzory v této práci jsou tenzometr a inkrementální čidlo (otáčkoměr).

V této práci je popsáno z jakých zařízení se skládá tester generátorů, jak je navržena řídicí aplikace a jaké možnosti poskytuje řídicí aplikace při samotném měření.

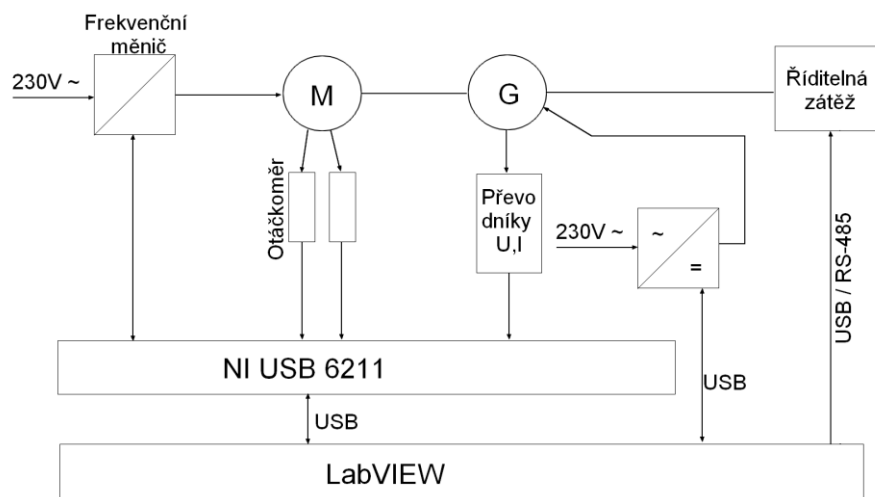
2. Rozbor problematiky

2.1. Současný stav systému a stanovení cíle

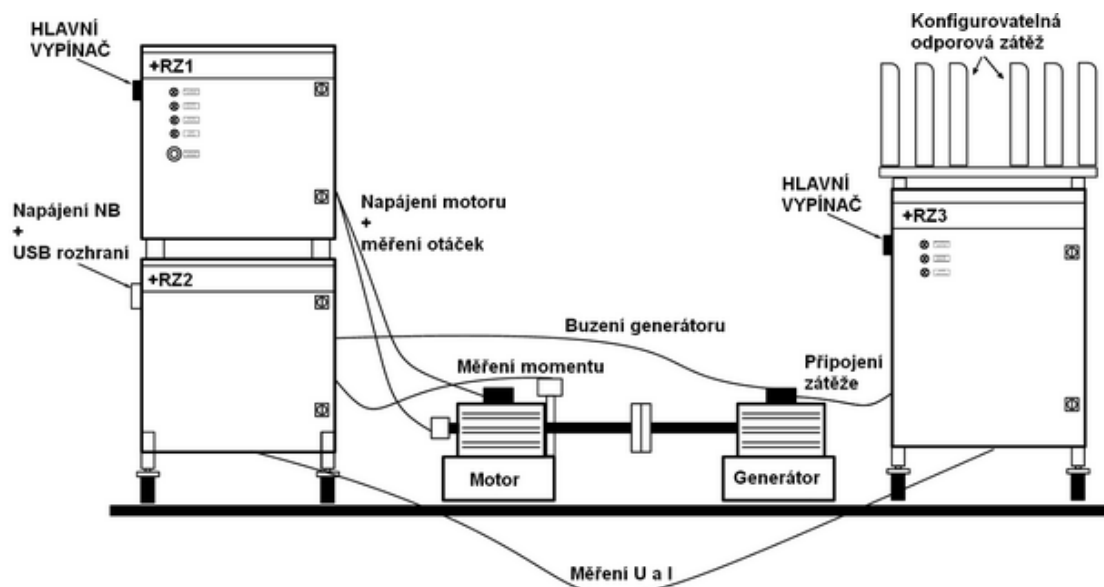
Pro diplomovou práci byla využita již existující sestava dále popsaných HW komponent a jádrem diplomové práce byl rozbor, návrh a implementace software pro řízení testeru a vyhodnocení naměřených dat, tak aby došlo k automatickému či manuálnímu testu elektrického generátoru. Realizační činností diplomové práce byla úprava a zapojení výkonové části odporových zátěží. Úprava rozvaděčů tak, aby bylo možno připojení zařízení a vzájemné propojení jednotlivých rozvaděčů. Propojování rozvaděčů a jejich montáž k nosné pojízdné konstrukce.

Výčet hardwaru, který je zapotřebí k vytvoření měřicího systému:

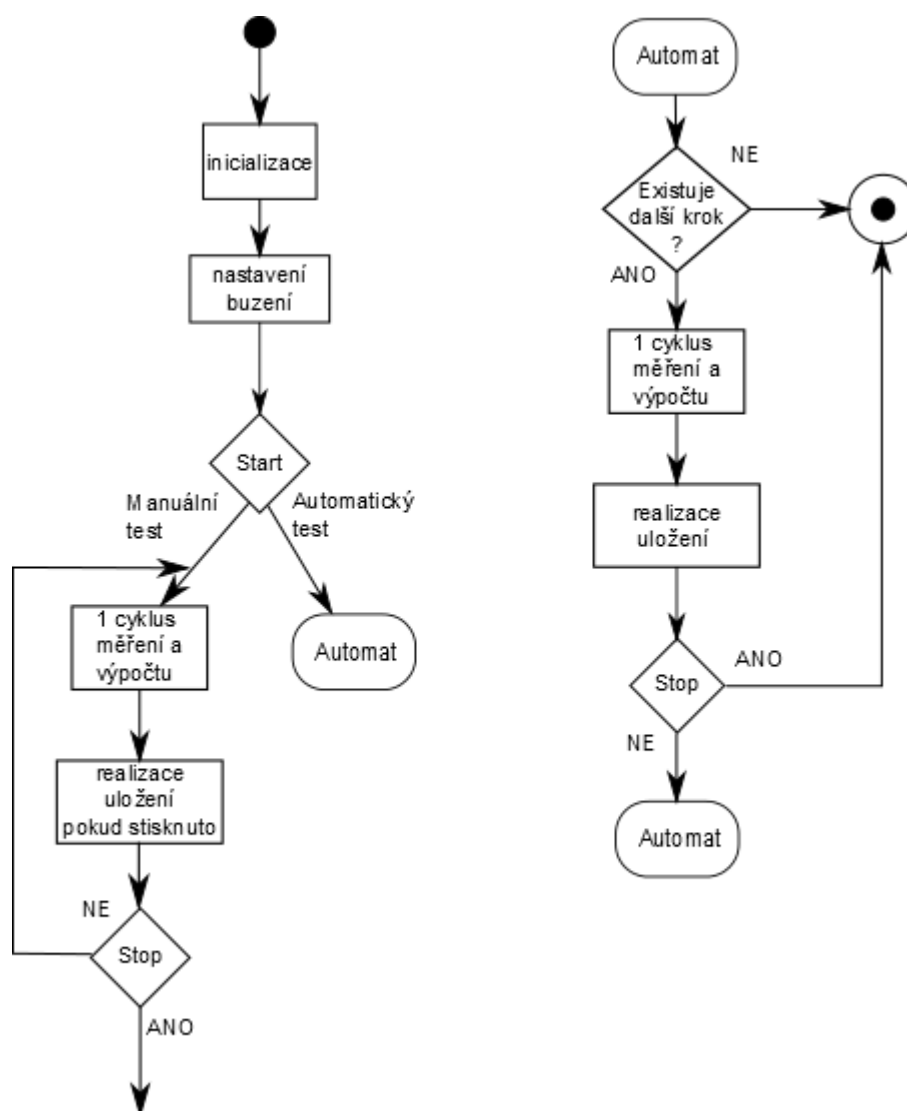
- Rám s motorem a ložem pro generátor
 - Motor - příkon
 - Generátor – $3 \times u(t)$ a $3 \times i(t)$ -> výkon
 - Tenzometr - moment
 - Otáčkoměr - otáčky
- Napájecí rozvaděč
 - Měnič – řízení motoru
- Měřicí rozvaděč
 - Měřicí karta – sběr dat a generování řídicích impulsů
 - Buzení – U_b a I_b
 - Převodníky – pro napětí i tenzometr
- Zátěžový rozvaděč
 - Tedia MU-3251A + Relé
 - Zátěž – odporová zátěž



Obr. 2.1 – blokové schéma zapojení testeru



Obr. 2.2 – propojení částí testeru [12]



Obr. 2.3 – Základní diagram testu

Popis diagramu:

Při inicializaci si aplikace nastaví GUI do výchozí polohy. Následně se pokusí vyhledat instrukční soubor, který obsahuje mnoho parametrů, viz **Příloha 1**, mezi hlavní parametry patří cesta do souboru, kde se ukládají naměřená data, porty, na kterých jsou k PC připojeny zátěže, zdroj buzení generátoru a měřící karta. Dále obsahuje konstanty zesílení modulů pro měření napětí a proudu, konstanty tenzometru, čili vzdálenost tenzometru od středu hřídele motoru a zesilovací konstantu modulu zesilovače pro měření momentu - clip AE 101. Nepodaří-li se aplikaci jej nalézt, vytvoří nový soubor v servisním nastavení. V tomto případě je pravděpodobné, že bude potřeba přenastavit porty, na nichž jsou připojeny zařízení testeru.

Nastavením buzení se rozlišuje, zda se testuje generátor, který vyžaduje externí buzení.

Po stisku tlačítka Start započne testování v režimu automatickém nebo manuálním. Popsáno v **kapitole 4.2**.

Samotný postup testování je v každém kroku, kromě způsobu ukládání stejný, ať se jedná o režim manuální či automatický. Rozdíl mezi manuálním a automatickým testem spočívá v tom, že při automatickém režimu si uživatel vytvoří soubor **kapitola 4.2.2.2**, ve kterém si nastaví počet kroků měření a hodnoty parametrů (otáčky motoru, buzení, zatížení fází, dobu kroku, zda se má měřit a zda se má ukládat) pro každá krok. Po startu testování aplikace postupně prochází automaticky přednastavené kroky a dle nastavených podmínek testuje generátor. Jakmile jsou všechny kroky testu vykonány, automaticky se uloží nastavená, změřená i vypočtená data.

V manuálním režimu se provádí měřicí krok ve smyčce a uloží se jen tehdy, pokud uživatel stiskne tlačítko pro uložení. Takto si vybírá, které data chce uložit a která ne. Vstupní parametry testu (otáčky motoru, buzení, zatížení fází) si uživatel mění v průběhu testování.

Krok testu se skládá z několika po sobě jdoucích částí:

1. nastaví se vstupní hodnoty testu (otáčky motoru, buzení, zatížení fází),
2. změří se frekvence měřeného signálu,
3. nastaví se vzorkovací frekvence tak, aby bylo zajištěno stejného počtu vzorků na periodu **kapitola 4.1.2.4**,
4. změří se 10 period U , I + 10x128 vzorků z tenzometru, otáčky motoru a jsou poskytnuty pro případné uložení,
5. vypočte se moment, účinnost, účinník, výkony a jsou poskytnuty pro případné uložení,
6. zobrazí se vypočtené i změřené hodnoty,
 - i. manuální režim – pokračuje se bodem 1
 - ii. automatický režim –
 - a. hodnoty se uloží
 - b. načte se nastavení dalšího kroku (existuje-li) a pokračuje bodem jedna, neexistuje-li, testování se ukončí

2.2. Účinnost

Ve fyzice je účinnost brána jako fyzikální veličina, která udává poměr mezi výkonem a příkonem stroje při vykonávání práce.

Energie dodaná danému stroji (příkon) musí být vždy větší než práce strojem vykonaná (výkon) v opačném případě bychom mluvili o tzv. Perpetuum mobile. Kvůli ztrátám, které vznikají v průběhu výkonu práce, což je přeměně energie na neužitečné druhy, např. v důsledku tření se mění mechanická energie v teplo. Z tohoto důvodu je účinnost vždy menší než 100 %.

Značka:

η

Jednotka:

Tato veličina je bezrozměrná. Uvádí se buď bez jednotky, eventuálně s jednotkou %

Výpočet:

$$\eta = \frac{P_v}{P_p} \quad (1)$$

kde:

P_v ... výkon [W]

P_p ... příkon [W]

Místo výkonu a příkonu lze dosazovat celkovou práci, kterou stroj vykonal a celkovou energii, kterou stroj spotřeboval.

[7]

2.3. Výkon

Forma energie, kterou zařízení vykoná za jednotku času. V této práci se jedná o elektrický výkon, který vychází z generátoru.

Tento elektrický výkon se skládá ze součtu středních hodnot násobků okamžitých hodnot napětí a proudů jednotlivých fází vycházejících z generátoru.

Značka:

P_T

Jednotka:

[W]

Výpočet:

$$P_T = U_1 \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3 \quad (2)$$

kde:

U ... napětí v jednotlivých fázích [V]

I ... proud v jednotlivých fázích [A]

2.4. Příkon

Forma energie, kterou musíme zařízení dodat proto, abychom z něj byli schopni odebírat požadovaný výkon. V této práci se jedná o mechanický výkon, který je do generátoru dodáván asynchronním motorem.

Mechanický výkon, který je dodáván do generátoru, vypočten pomocí točivého momentu, který je měřen na hřídeli motoru a pomocí otáček motoru, které se měří inkrementálním čidlem na motoru.

Značka:

P_{mech}

Jednotka:

[W]

Výpočet:

$$P_{\text{mech}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M}{60} \quad (3)$$

kde:

n ... otáčky motoru za minutu [ot/min]

M ... točivý moment [Nm]

2.5. Točivý moment

Točivý moment vyjadřuje působení síly na bod vzdálený od osy otáčení (hřídele). Fyzikálně se jedná o moment síly, pod názvem krouticí moment se užívá v technických oborech u rotačních pohonných systémů. [9]

Značka:

M

Jednotka:

[Nm]

Krouticí moment 1 Nm znamená, že hřídel působí na bod vzdálený jeden metr od osy silou 1 newton.

Točivý moment závisí na konstrukci motoru a jeho hodnota se mění s rychlostí otáček motoru (rychlost otáčení se často udává v počtu otáček za minutu). V jednoduchých technických

popisech se udává pouze maximální hodnota točivého momentu a otáčky motoru, při kterých tuto hodnotu naměříme. [10]

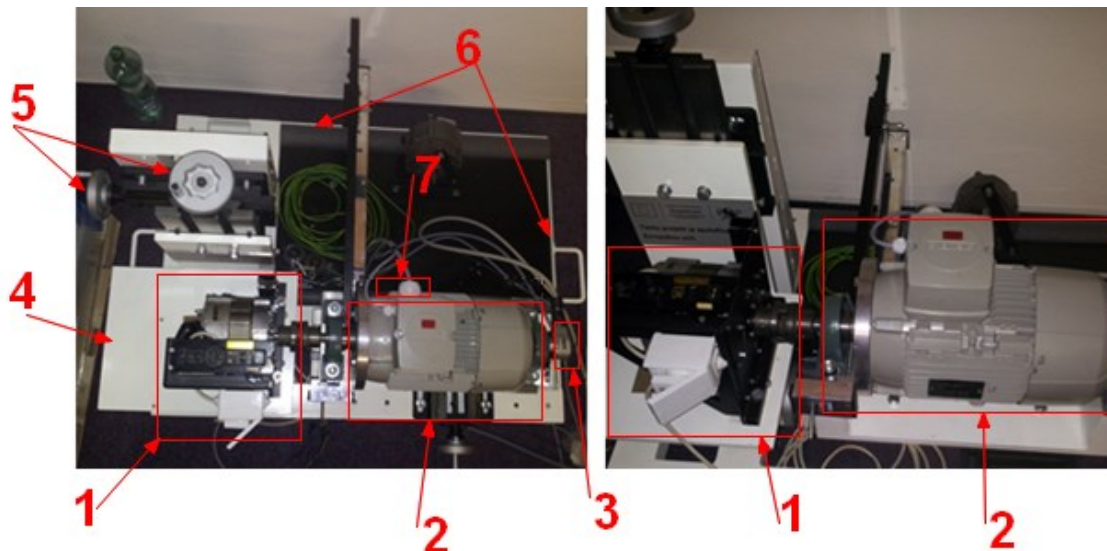
2.6.Dostupný hardware

Zařízení pro testování generátorů je složeno ze tří rozvaděčů na dvou pojízdných konstrukcích a konstrukce (rámu) s motorem, senzory a ložem pro generátor obr. 2.2 :



Obr. 2.4 - Napájecí a měřící rozvaděče +RZ1 a +RZ2, uzavřené a otevřené

2.6.1. Rám s motorem a ložem pro generátor



Obr. 2.5 - Rám s motorem, generátorem, inkrementálním čidlem a tenzometrem

Popis zařízení na **Obr. 2.4**:

1. Testovaný generátor;
2. Motor Siemens;
3. Inkrementální čidlo;
4. Lože k upevnění testovaného generátoru;
5. Pojezdy lože pro přisunutí testovaného generátoru k hřídeli motoru;
6. Rám konstrukce;
7. Tenzometr;

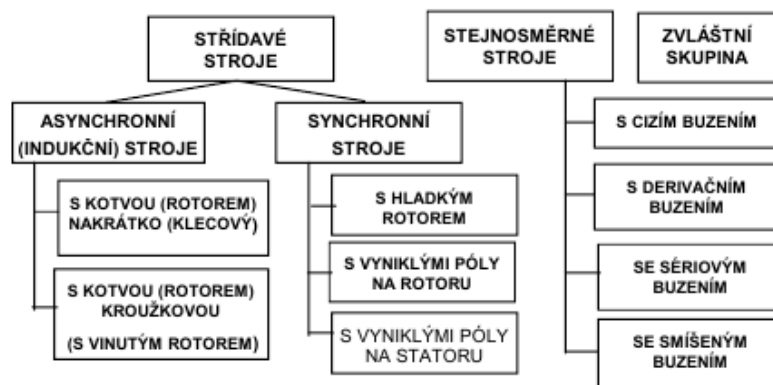
2.6.1.1. Motor

Motor je elektrický točivý stroj, který závisí na elektromagnetické indukci. Má své části, které jsou schopny vykonávat relativní točivý pohyb a jsou určeny pro elektromechanickou přeměnu energie. Přeměňují elektrickou (elektromagnetickou) formu energie na mechanickou formu energie. [13]

Nejobvyklejší druhy motorů vytvářejí rotační pohyb, ale existují i motory lineární nebo oscilační.

Dělí se podle charakteru napájecího napětí na:

- střídavé
- stejnosměrné
- zvláštní skupina (např. univerzální, krokové)



Obr. 2.6 – rozdělení točivých elektrických strojů [13]

U synchronních a stejnosměrných elektrických točivých strojů se dá dále rozdělovat do skupin podle způsobu vytváření magnetického pole (buzení):

- s permanentními magnety
- s vinutými cívkami

Synchronní stroje

Synchronní alternátor musí mít mechanickou energii na hřídeli a DC napájení rotoru ke vzniku třífázového napětí. Tyto alternátory se užívají ve většině elektráren.

Počet otáček je stejný jako rychlost točivého magnetického pole, je tedy synchronní. Používají se zpravidla pro pohon zařízení s velkým výkonem, kde se požadují konstantní otáčky a kde se nevyžaduje změna smyslu otáčení nebo časté spouštění. Vyznačují se velkou účinností (95-98%). Mohou být nabuzeny na hodnotu účinníku $\cos \varphi = 1$, takže potom odebírají ze sítě pouze činný výkon.

Konstrukce statoru je stejná pro synchronní i asynchronní motory. Třífázové vinutí prostorově posunuté o 120° .

Synchronní rotor má však vyčnívající magnetické póly. Mohou to být permanentní magnety (u malých motorů) nebo elektromagnety. U hydro-alternátoru jsou vyniklé póly (pomalu-otáčivý stroj), turboalternátor má hladký rotor (rychle-točivý stroj).

Typický synchronní motor se sám neroztočí po připojení k síti. Důvodem je setrvačnost rotoru a vysoká rychlost točivého magnetického pole. Rotor musí dostat vnější pomoc, aby získal stejné otáčky jako točivé magnetické pole. Synchronní motory s vlastním spouštěním jsou konstruovány pro pohon z frekvenčních měničů. Ty jsou používány pro náročné průmyslové aplikace. Frekvenční měniče však musí mít speciální software určený pro synchronní motory. [1]

Výhody synchronních motorů:

- Otáčky se nemění se zatížením
- Změnou budicího proudu v rotoru lze měnit účinnost, s nímž se odebírá ze sítě energie
- Synchronní motor může pracovat jako **synchronní kompenzátor**. Jedná se o synchronní motor, který pracuje naprázdno a chová se jako kondenzátor připojený k síti. Toho se dosáhne přebuzením synchronního motoru.

[16]

Asynchronní stroje

Počet otáček je menší než rychlost točivého magnetického pole. Toto zpoždění vyjadřuje - skluz v procentech, proto je asynchronní.

Konstrukce statoru je stejná pro synchronní i asynchronní motory. Třífázové vinutí prostorově posunutá o 120°.

Asynchronní rotor je hřídel s nalisovanými rotorovými (elektrotechnickými) plechy s drážkami, do kterých se vkládají měděné nebo mosazné tyče, které jsou na obou stranách spojeny mosaznými kruhy. Takto upravený rotor se nazývá kotva nakrátko nebo kotva klecová.

[13]

- Kotva nakrátko - v drážkách rotoru jsou nalisovány neizolované měděné, mosazné nebo hliníkové tyče, které jsou na obou koncích spojeny zkratovacími kroužky. Tyče spolu s kroužky mají podobu klece (klecový rotor).
- Kroužková kotva - na hřídeli jsou kromě svazku rotorových plechů i sběrné kroužky. V drážkách plechů je uloženo trojfázové vinutí rotoru z izolovaných vodičů, které je zapojeno většinou do hvězdy, zřídka do trojúhelníka. Na tři sběrací kroužky je připojeno vinutí rotoru, ke kterým lze připojit činné odpory sloužící k rozběhu motoru.

[15] [16]

Podrobněji lze asynchronní motory dělit podle konstrukce na:

- stroje s jednoduchou klecí
- stroje s dvojitou klecí
- stroje s vírovou klecí a kroužkové

Důležité je i druh jejích zapojení.

Základní druhy zapojení jsou:

- do hvězdy
- do trojúhelníku

Krokové motory

Rotor těchto motorů může zaujímat určitý počet definovaných poloh. Stator motoru je nejčastěji čtyřfázový, osmipólový, rotor má zuby bez vinutí nebo jsou na rotoru permanentní magnety (tzv. motor s aktivním rotorem).

Přivedeme-li proudový impuls do statorového vinutí první fáze, zaujme rotor takovou polohu, která odpovídá maximální magnetické vodivosti pro statorový magnetický tok, tzn., že zub rotoru prostorově nejbližší ose vinutí první fáze statoru se natočí tak, aby osa tohoto zubu byla v ose vinutí dané fáze. Po přivedení proudového impulsu do vinutí druhé fáze (a jeho následném odpojení od první fáze) se rotor otočí o určitý úhel, daný počtem zubů rotoru a počtem fází statoru, tak, aby opět zaujal polohu splňující podmínku maximální magnetické vodivosti pro magnetický tok statoru. Při daném sledu spínání fází statoru se motor otáčí trvale v jednom směru. Změnou sledu spínání fází se mění i směr otáčení motoru.

[16]

Motor použitý v této aplikaci:

- Siemens 2,2 kW se snímačem otáček ***Obr. 2.7***
 - 4 pólový
 - 3 AC 50HZ 230VD/400VY * 3
 - krytí - IP55



Obr. 2.7 – Použitý motor

V	Hz	A	kW	cos	1/min
230 Δ	50	8,1	2,2	0,81	1455
400 Y	50	4,65	2,2	0,81	1455
460 Y	60	4,45	2,55	0,82	1755
460 Y	60	4,05	2,2	0,78	1760

Tab. 2.1 – štítkové hodnoty použitého motoru

2.6.1.2. Generátor

Elektrický generátor je elektrický stroj, sloužící k přeměně jiných druhů energie na energii elektrickou.

Jedná se o točivé stroje, které využívají točivého magnetického pole a cívek, ve kterých se indukuje elektrické napětí. Jelikož mohou být dimenzované na velmi velké výkony a navíc jejich účinnost je dobrá. Skládají se z rotoru a statoru, kdy obvykle rotor vytváří točivé magnetické pole a ve statoru jsou umístěny cívky, ve kterých se indukuje elektrické napětí.

Jako generátor střídavého proudu může být použit i jakýkoliv asynchronní motor, který má výhodu jednoduchosti (nemá napájený rotor pomocí kolektoru jako synchronní generátor) ale má oproti němu o něco menší účinnost, proto se používá zejména v malých elektrárnách.

Druhy generátorů:

- alternátor - Vytváří střídavý proud, nemá komutátor, z čehož plyne menší poruchovost a snadnější údržba.
- dynamo - Vytváří stejnosměrný proud, usměrnění probíhá v komutátoru. Dříve se hojně používalo například v automobilech, dnes ale nemá již velké využití, jelikož alternátor má oproti němu poměrně podstatné výhody a v dnešní době, kdy již diodové usměrňovače zvládají usměrňování velkých proudů, jsou poměrně levné a málo poruchové, není žádný problém usměrnit střídavý proud z alternátoru a tak vyrobit proud stejnosměrný.
- unipolární generátor - napětí vzniká mezi středem a okrajem desky, rotující v magnetickém poli

[2]

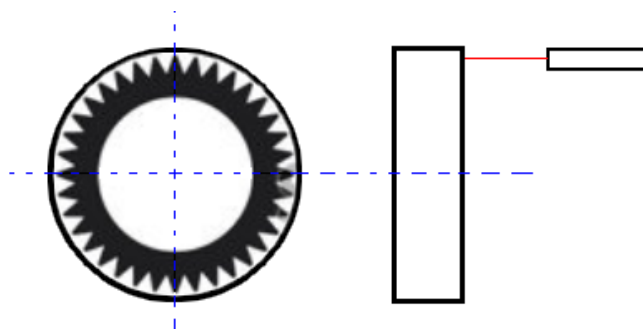
Jeden z testovaných generátorů má tyto parametry:

- výrobce: SAWAFUJI ELEC.CO., LTD
- model 300
- jednofázový
- 8-mi pólový
- výkon 500W
- jmenovité parametry:

- napětí: 120V
- proud: 4A

2.6.1.3. Otáčkoměr (inkrementální čidlo) - IXP8012-10

Jedná se o zařízení, které měří natočení hřídele. Skládá se z kotoučku osazeným po svém obvodu vrypů a elektronického čidla, které měří, o kolik vrypů se kotouček pootočil (měří se tedy relativní natočení hřídele) **Obr. 2.6.** Počet vrypů může být různý. Čím více vrypů kotouček má, tím je přesnější.



Obr.2.8 – funkce inkrementálního čidla



Obr. 2.9 – použité inkrementální čidlo

- 1024 pulzů na otáčku
- Firma SIEMENS

2.6.1.4. Tenzometr

V současnosti obvyklý elektrický tenzometr je pasivní elektrotechnická součástka používaná k nepřímému měření mechanického napětí na povrchu součásti prostřednictvím měření její deformace.

Souvislost deformace materiálu s působící silou (v určitém rozsahu sil přímá úměrnost) byla objevena v roce 1676 Robertem Hookem a postupně zpřesňována až do podoby dnešního Hookeova zákona, který je fyzikální podstatou tenzometrických měření.

Elektrický tenzometr patří mezi převodníky sloužící k elektrickému měření neelektrických veličin. Jako součást měřicího řetězce - tedy vždy spolu s dalšími přístroji - se tenzometry používají ve dvou oblastech:

- pro zjišťování a analýzu namáhání konstrukčních prvků (např. vlivu tvarových podrobností na pevnost), součástí i celých konstrukcí (svařence jako jsou tlakové nádoby či karosérie vozidel, rámy strojů, mostní konstrukce, ...)
- jako pevně zabudovaná součást jiných přístrojů a zařízení, kde měřenou veličinou je často síla: tenzometrické siloměry, jim podobné tenzometrické váhy, jako čidla pro diagnostiku poruch, deformační tlakoměry apod.

[3]



Obr. 2.10 – použitý tenzometr S2M/50

Parametry:

výrobce	typ	jmenovité zatížení	citlivost	třída přesnosti	krytí
HBM	S2M/50N	50N	2mV/V	0.02	IP65

Tab. 2.2 – parametry tenzometru [11]

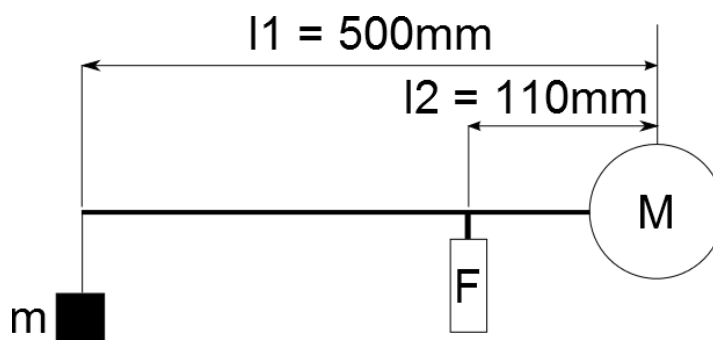
Motor je zavěšen na hřídeli, která prochází skrz tento motor. K motoru je připevněn tenzometr, jak je zobrazeno na **Obr. 2.11**. Při rozběhu motoru nebo změně otáček se na tenzometr přenese krouticí moment z motoru.



Obr. 2.11 – Připojení tenzometru k motoru

Krouticí moment se nesnímá na hřídeli, protože tenzometr je umístěn 110 mm od středu hřídele motoru **Obr. 2.12**. Tento posun je nutno zahrnout do výpočtu momentu.

Pro kalibraci měřící části testeru, která se zabývá měřením momentu, bylo vyrobeno půlmetrové rameno, na které se zavěsí závaží o hmotnosti 1 kilogram **Obr. 2.12**. Podle rovnice (5) se následně vypočte síla 4,9N, která by měla být naměřena tenzometrem. V rámci diplomové práce byla vytvořena aplikace, pro testování tenzometru viz **kapitola 4.4**.



Obr. 2.12 – umístnění tenzometru

$$m \cdot g \cdot l_1 = F \cdot l_2 \quad (4)$$

kde

m = závaží o hmotnosti 1kg [kg]

g = tíhové zrychlení (9,81) [m/s²]

F = síla působící na tenzometr [N]

l_1 = vzdálenost závaží od středu hřídele motoru [mm]

l_2 = vzdálenost tenzometru od středu hřídele motoru [mm]

$$F = m \cdot g \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (5)$$

2.6.2. Napájecí rozvaděč



Obr. 2.13 – vnitřek napájecího rozvaděče

2.6.2.1. Měnič

Pro řízení motoru je využito frekvenčního měniče Siemens Micromaster 440.

Při řízení pohonů je někdy využíváno pouze základních parametrů např. rampa náběhu a doběhu motoru. Použitý frekvenční měnič, však umožňuje použít i parametry, které obvyčejné aplikace nevyužívají např. počáteční zaoblení křivky nárůstu otáček, způsob zaoblení, způsob magnetizace motoru. MICROMASTER 440 byl speciálně navržen pro ty aplikace, které vyžadují širší funkčnost a větší dynamickou odezvu než je obvykle potřeba.

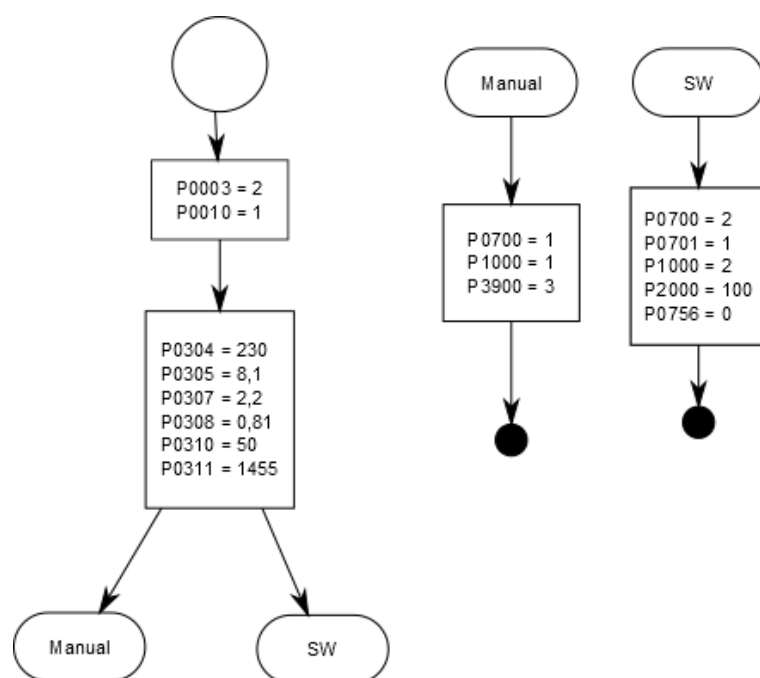
Sofistikované vektorové řízení, zajišťuje velmi vysokou kvalitu řízení, i když dojde k náhlé změně zatížení. Rychlá reakce na vstupu a nastavení zpomalovací rampy umožňuje pohyb na cílovou pozici i bez kodéru. Díky integrovanému brzdnému střídači, pracuje brzdění s vynikající přesností i na krátké nastavení brzdné rampy. To vše je možné v rozsahu výkonu začínajícím na 0,12 kW a může dosahovat až na 250 kW. V testeru generátoru je nastaven měnič na výkon 2,2 kW, tato hodnota vychází z výkonu řízeného motoru.

Měnič MM440 poskytuje několik úrovní nastavování. Od úrovně nejzákladnější kde jsou k dispozici parametry pro jednoduché řízení motoru až po úroveň, kde může uživatel nastavit všech 3000 parametrů, které tento měnič podporuje.



Obr. 2.14 – měnič MM440

Pro ovládání motoru je potřeba provést nastavení měniče na motor, který má být ovládán. K tomuto účelu je potřeba znát štítkové údaje motoru viz **Tab. 2.1**. Nastavení se liší také podle toho, zda bude motor řízen manuálně nebo softwarově.



Obr. 2.15 – nastavení parametrů motoru do měniče a nastavení manuálního nebo softwarového řízení

2.6.3. Měřicí rozvaděč



Obr. 2.16 – vnitřek měřicího rozvaděče

2.6.3.1. Měřicí karta

Za měřicí kartu bylo vybráno NI USB-6211, která má tyto parametry [4]:

- Vstupy/výstupy (I/O)
 - Analogové vstupy
 - Kanály – 16, 8
 - Maximální rozsah - $\pm 10V$
 - Rozlišení - 16-Bit
 - Vzorkovací frekvence - 250 kS/s
 - Analogové výstupy
 - Kanály – 2

- Maximální rozsah - $\pm 10V$
- Rozlišení - 16-Bit
- Frekvence obnovení - 250 kS/s
- Digitální I/O
 - Vstupní kanály – 2
 - Výstupní kanály – 2
 - Maximální vstupní rozsah – 0-5,25V
 - Maximální výstupní rozsah – 0-3,8V
 - Logika – TTL
 - Časování – softwarové
- Čítač/časovač
 - Čítače – 2
 - Maximální rozsah – 0-5,25V
 - Maximální frekvence – 80 MHz
 - Rozlišení – 32 Bit
 - Logika – TTL
- Trigerování – digitální
- Rozměry
 - Výška – 16,9 cm
 - Šířka – 9,4 cm
 - Hloubka – 3,1 cm



Obr. 2.17 – NI USB-6211

2.6.3.2. Buzení generátoru

Pro buzení generátoru je použito zdroje USB HCS 3100 s těmito parametry:

- Výstupní napětí – 1-18 V
- Výstupní proud – 0-10 A
- Krok regulace napětí – 0,1 V

- Krok regulace proudu – 0,1A
- Řízení přes USB
- Přesnost měření
 - Napětí - $\pm 0,2\%$
 - Proud - $\pm 0,2\%$
- Váha – 2,4 kg
- Rozměry
 - Výška – 9 cm
 - Šířka – 20 cm
 - Hloubka – 20,8 cm



Obr. 2.18 – budicí zdroj USB HCS 3100

2.6.3.3. Převodníkové moduly napětí a proudu

Zařazení převodníkových modulů do měřicího řetězce poskytuje galvanické oddělení mezi snímací a měřicí částí řetězce. Poskytuje také úpravu signálu dle potřeb vstupního rozsahu měřicí karty NI-USB 6211.

Parametry převodníků viz **Obr. 2.19**:

- SCM-101 - 300V
 - Výrobce: Elcom
 - $U_{in\ max} = 500V\ AC$
 - $U_{out\ max} = 10V\ AC$
 - $k = 50V/1V$
 - napájení: $24V\ DC \pm 10\%$
 - frekvenční rozsah DC až 3kHz
- SCM-111 – 12A
 - Výrobce: Elcom
 - $I_{in\ max} = \pm 18A$
 - $U_{out\ max} = 10V\ AC$
 - $k = 2A/1V$
 - napájení: $24V\ DC \pm 10\%$

- frekvenční rozsah DC až 3kHz

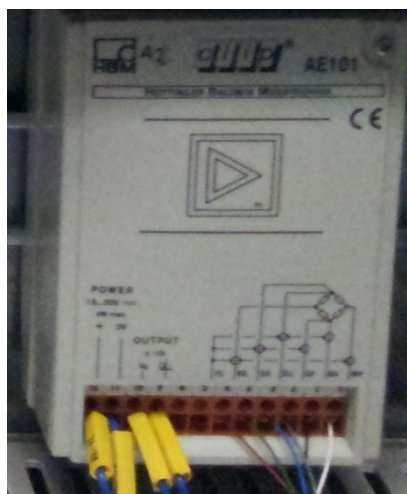


Obr. 2.19 – převodníkové moduly

2.6.3.4. Zesilovací modul tenzometru

Pro úpravu signálu z tenzometru do měřicí karty bylo použito zesilovacího modulu clip AE101. Instrukce k připojení a nastavení tohoto zesilovače jsou v dokumentaci tohoto zařízení online verze [14].

- Výrobce HBM
- Frekvenční rozsah 10Hz nebo 6kHz
- Napájení 15-20V DC
- Max $U_{in} = \pm 10V$
- Max. $U_{out} = \pm 10V$
- Max $I_{out} = 650\text{ mA}$



Obr. 2.20 – zesilovací modul tenzometru

Na zesilovači se musí nastavit takový rozsah, aby pro daný typ tenzometru bylo při jeho maximálním zatížení (50 N) na výstupu zesilovače 10V.

Výpočet z manuálu:

$$\text{Rozsah} \left[\frac{\text{mV}}{\text{V}} \right] = \frac{\text{Požadované max. zatížení senzoru} [\text{N}]}{\text{Max. možné zatížení senzoru} [\text{N}]} \cdot \frac{10 [\text{V}]}{\text{Požadovaný rozsah} [\text{V}]} \cdot \text{citlivost senzoru} \left[\frac{\text{mV}}{\text{V}} \right] \quad (6) \quad [14]$$

$$\frac{50 \text{ N}}{50 \text{ N}} \cdot \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ V}} \cdot 2 \text{ mV/V} = 2 \quad (7)$$

$V_E = 10 \text{ V}$	switch position S21							
mV/V	1	2	3	4	5	6	7	8
0.09-0.12	X						X	
0.11-0.16	X							X
0.15-0.21		X					X	
0.20-0.28		X						X
0.26-0.37			X				X	
0.34-0.49			X					X
0.45-0.64				X			X	
0.59-0.85				X				X
0.78-1.12					X		X	
1.04-1.47					X			X
1.37-1.94						X	X	
1.81-2.57						X		X

Tab. 2.3 – potřebné nastavení zesilovače [14]

2.6.4. Zátěžový rozvaděč



Obr. 2.21 – rozvaděč +RZ3, uzavřený a otevřený

Zdroje elektrické energie jsou většinou v trojfázové soustavě souměrné např. generátory v elektrárnách. Přenosové cesty (vedení) jsou také téměř souměrné. Z toho lze soudit, že nesouměrnost v trojfázových soustavách způsobují spotřebiče.

Nesouměrnost se projevuje tak, že nulovým vodičem prochází proud. Takto vznikne tzv. proudová nesymetrie. Tato proudová nesymetrie zapříčiní nesymetrii napětíovou. Protože více zatíženou fází teče větší proud, tedy je i větší úbytek napětí než ve zbývajících fázích. Takto vznikne i tzv. napětíová nesymetrie.

Aby bylo možno při testování generátorů uměle vytvářet nesouměrnou soustavu, bylo potřeba vytvořit zatěžovací rozvaděč.

2.6.4.1. Tedia MU-3251A – Digitální výstupy + relé

Tedia MU-3251A je externí modul digitálních výstupů a je určen zejména pro doplnění či rozšíření aplikací o potřebné výstupy. Veškerou obsluhu portů zajišťuje mikropočítač ovládaný z nadřazeného PC po komunikační lince pomocí implementované sady makroinstrukcí.

Moduly standardně obsahují dva izolované bloky; blok digitálních výstupů a blok komunikační linky a napájecích obvodů. Digitální porty tedy nejsou izolovány vzájemně. Napájení je řešeno pulsním stabilizátorem pro vstupní napětí 10÷30V.



Obr. 2.22 – 2x Tedia MU-3251A a 64 relé

Jelikož je pro každou fázi možno vytvořit 20 stupňů zatížení s pomocí 21 relé, ve třech fázích se jedná o 63 relé, které je potřeba ovládat. Aby se zamezilo zbytečným změnám stavů a tak i rychlejšímu opotřebení relé, je použito ještě jedno relé pro vypínání a zapínání celé soustavy relé. Jedná se tedy dohromady o 64 relé.

Měřicí karta NI-USB 6211 nebá k dispozici tak velký počet digitálních výstupů, z tohoto důvodu je v testeru použito dvou karet Tedia MU-3251A řízených přes USB/RS485 převodník.

2.6.4.2. Zátěž

Jednotlivé stupně zátěže jsou řešeny spojením dvojice elektrických ohřivačů vzduchu (topidel), které byly využity jako nejlacinější varianta výkonových rezistorů. Šest topidel udává tři dvojice. To znamená jednu dvojici pro každou fázi.

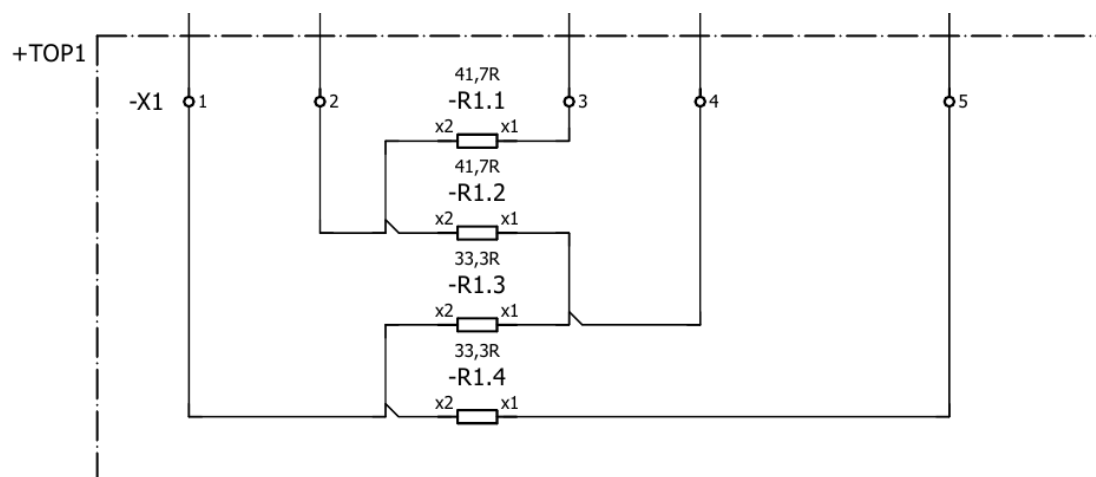


Obr. 2.23 – zátěž

Jednotlivé hodnoty odporové zátěže jsou tvořeny sériovo-paralelním spojením rezistorů dvou topení. Každé topení obsahuje 4 rezistory **obr. 2.24**:

- 2 rezistory o hodnotě $41,7\ \Omega$
- 2 rezistory o hodnotě $33,3\ \Omega$

Jednotlivé hodnoty zátěže se nastavuje pomocí relátek, které řídí dvojice modulů Tedia MU-3251A.



Obr. 2.24 – zapojení odporů v jednom topném tělese [12]

3. Požadavky na řešení programu

3.1. Požadavky na měřicí systém

3.1.1. Hardware, testeru

- Měnič frekvence napájející motor, který pohání testovaný generátor
 - Ovládání přes analogový vstup 0-10V
- Odporová zátěž
 - Ovládáme přes USB/RS485 převodník MOXA
 - Zátěž je třífázová s pevně volitelnými stupni odporu
 - RS485 ovládá reléové spínače TEDIA 2x32 výstupů
- Buzení generátoru
 - Ovládáme přes USB zdroj MANSON 0-15V, 0-10A
 - Použijeme i pro vyčtení aktuálních hodnot U_b a I_b
- Digitální výstupy USB-6211
 - Zapnutí motoru

3.1.2. Měření a generování signálů, karta sběru dat USB-6211

- $3 \times U + 3 \times I$ zátěže
- Mechanický moment na hřídeli - tenzometr přes zesilovač s výstupem $\pm 10V$
- Otáčky motoru a úhel – inkrementální čidlo 1024 imp/ot, prostřednictvím čítače

3.1.3. Princip automatického testu

- Existuje definiční TXT soubor testu:
 - Otáčky, $I_b + U_b$, zátěž na L1 L2 L3, doba trvání kroku, ukládat Ano/Ne, ukládat okamžité hodnoty Ano/Ne
- SW dle definičního souboru načítá postupně jednotlivé řádky
 - Nastaví pro aktuální řádek výše uvedené veličiny ve vhodném pořadí:
 - I_b U_b
 - Zátěž
 - otáčky
 - Nastavení trvá jistý čas definovaný použitými komponenty a elektromechanickými ději (ustálení otáček, relé zátěže). Pro toto ustálení je potřeba jistý minimální čas cca 3-5sec
 - Dle posledního sloupce definičního souboru: ukládat Ano/Ne dále provedu měření
 - Odezní přechodové děje a Přecházím do fáze měření
 - Proveďte se měření za účelem zjištění frekvence signálu generátoru – z této se určí vzorkovací frekvence pro následující „přesné“ měření. Pro prvotní měření se zvolí maximální vzorkovací frekvence
 - Z každého kroku testu vzniknou hodnoty:

- Elektrický výkon ven z generátoru $U, I, \cos \phi, P, Q$ x3 fáze
- Otáčky + moment = Mechanický výkon na hřídeli do generátoru
- účinnost
- Natočení hřídele motoru versus okamžité průběhy napětí pro 2 periody základní harmonické z generátoru
- $I_b U_b$
- Tyto hodnoty je třeba uložit
 - Pojmenování souborů uložených hodnot je automatické ve formátu (RRMMDD_HHMMSS)
- V kterémkoliv místě testu musí být možné test ukončit uživatelem, zaručit korektní uzavření souboru

3.1.4. Princip manuálního testu

Vnitřní struktura manuálního testu je stejná, jako u automatického jediný rozdíl je v tom, že není žádný instrukční soubor a neukládá se automaticky

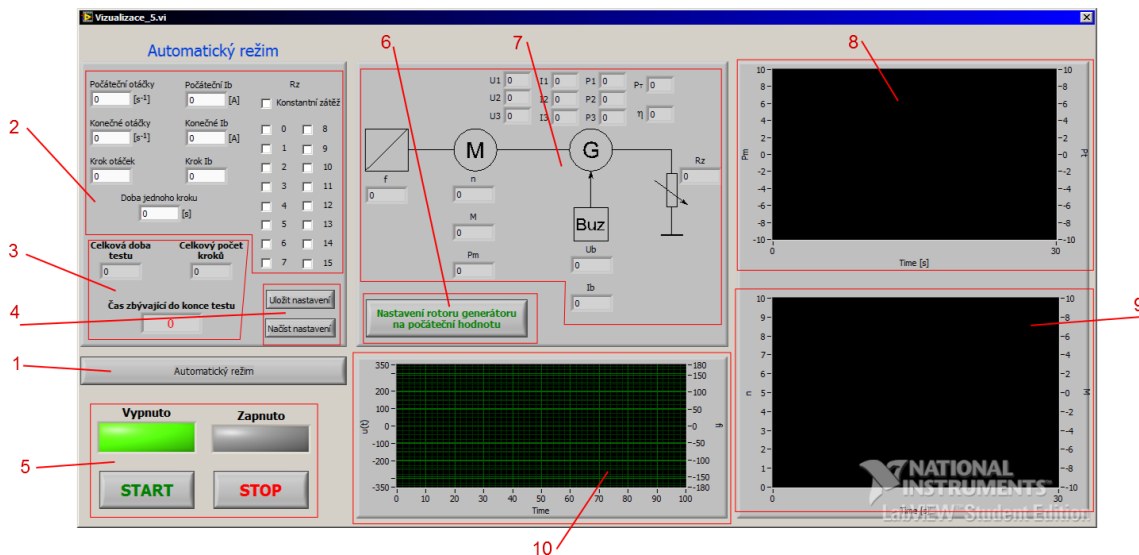
- Uložení do souboru je po stisku tlačítka, poté se uloží všechny hodnoty a okamžitých hodnot se uloží 2 periody
- Uživatel má možnost nastavit si kdykoli jakoukoli hodnotu, která se nastavuje v automatickém testu pomocí definičního souboru. Takto nastavená hodnota zůstane po celou dobu běhu testu, nebo dokud není opět změněna

3.2. První návrh GUI

Podle požadavků zadavatele bylo navrženo první grafické rozhraní. Následuje jeho popis:

1. Tímto tlačítkem se přepíná mezi automatickým a manuálním režimem řízení testu;
2. V automatickém režimu si uživatel nastaví hodnoty pro otáčky, buzení a zátěž před startem testu
 - Doba jednoho kroku se nastavuje z důvodu potřeby určité prodlevy mezi jednotlivými kroky měření s ohledem na přenastavení mechanické části zařízení
3. Po nastavení měřicího režimu se vypočte celkový počet krků a doba trvání celého testu. Při spuštění testu je zde možno odečíst jak dlouho bude ještě test trvat;
4. Pomocí těchto tlačítek si může uložit nastavení testu, které nejčastěji využívá, nebo ví, že bude provádět několikrát tentýž test;
5. Zapínání a vypínání testu + signalizace;
6. Tímto tlačítkem uživatel nastaví rotor generátoru do výchozí pozice;
7. Panel zobrazující momentální měřené veličiny;
8. Graf zobrazující mechanický a celkový elektrický výkon;
9. Graf zobrazující otáčky motoru a moment na hřídeli;

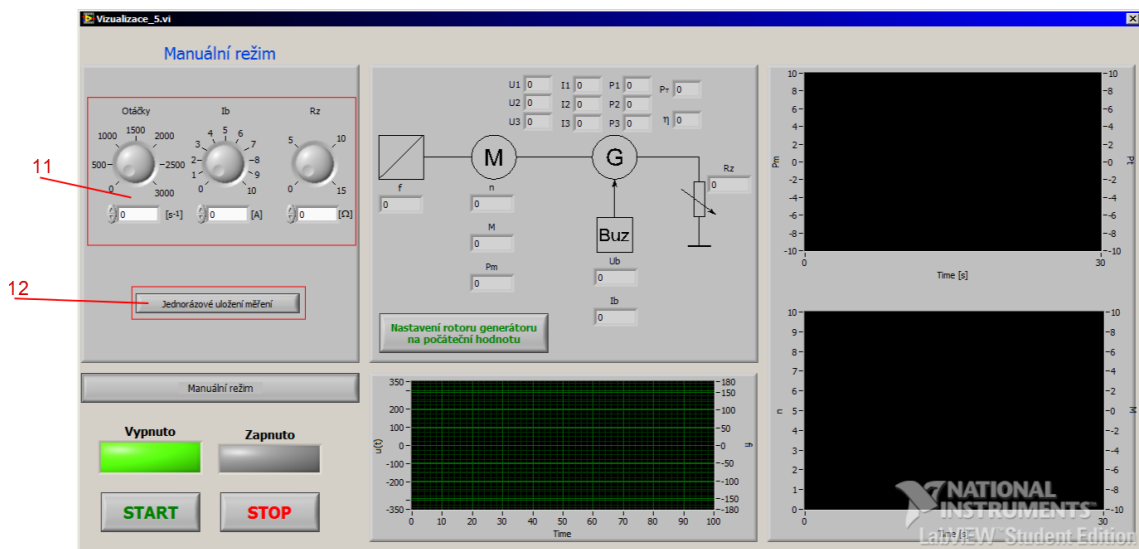
10. Graf zobrazující $u(t)$ generátoru a úhel natočení;



Obr. 3.1 – první návrh grafického rozhraní pro automatický režim měření

11. Knoflíky pro manuální ovládání nastavovaných hodnot;

12. Tímto tlačítkem uživatel uloží aktuální nastavená, změřené i vypočtené hodnoty;



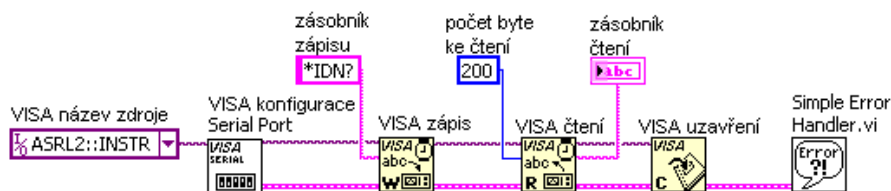
Obr. 3.2 – první návrh grafického rozhraní pro manuální režim měření

4. Vytvořené aplikace

Celá softwarová část tohoto zařízení je realizována v grafickém programovacím jazyku LabVIEW firmy National Instruments.

Jelikož součástí testeru generátorů je např. zdroj buzení generátoru připojen přes USB a zátěže připojené přes RS485 je potřeba propojit více druhů komunikačních protokolů. Z tohoto hlediska je výhodné použít softwarovou vrstvu VISA, která obsahuje všechny běžně používané standardy I/O komunikace.

S pomocí VISA (Virtual Instrument Software Architecture), která skrývá rozdíly jednotlivých komunikačních rozhraní, lze vytvořit příslušný přístrojový ovladač pro ovládání zařízení připojených přes GPIB, sériové, USB, Ethernet, PXI nebo VXI rozhraní. Není přitom potřeba se učit přístrojově specifické komunikační protokoly. VISA není závislá na platformě, sběrnici a prostředí. Jinými slovy VISA používá stejné rozhraní pro programování aplikací bez ohledu na typ zařízení, platformy nebo programovací jazyk. [5]



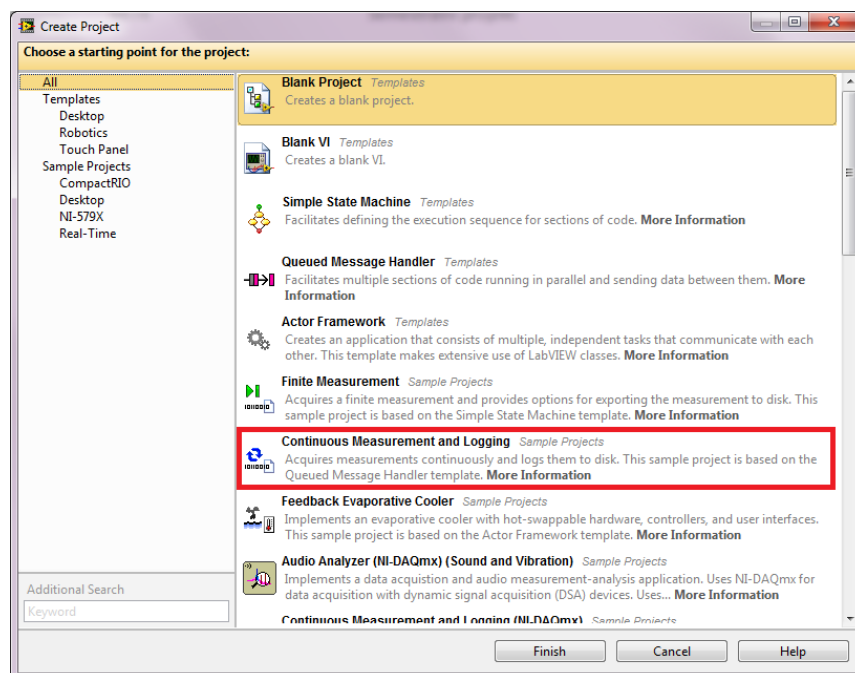
Obr. 4.1 – komunikační řetězec VISA

4.1. Programová část hlavní měřicí aplikace

4.1.1. Architektura programu

Tato aplikace je tvořena na základě projektové předlohy **Continuous Measurement and Logging**.

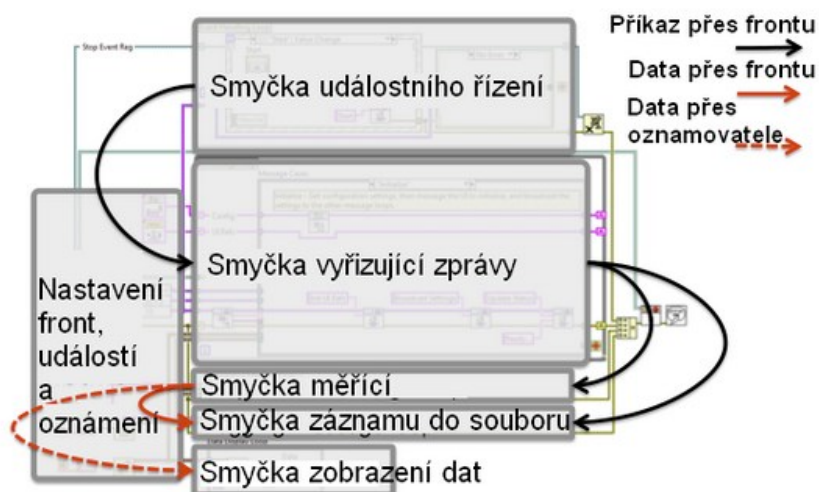
Otevře se: File → Create Project → All → Continuous Measurement and Logging



Obr. 4.2 – projektová předloha

Tento projekt založený na posílání zpráv při události v grafickém prostředí kontinuálně měří data a zapisuje je na disk. Využívá k tomu tři fronty vytvářející pět paralelních smyček.

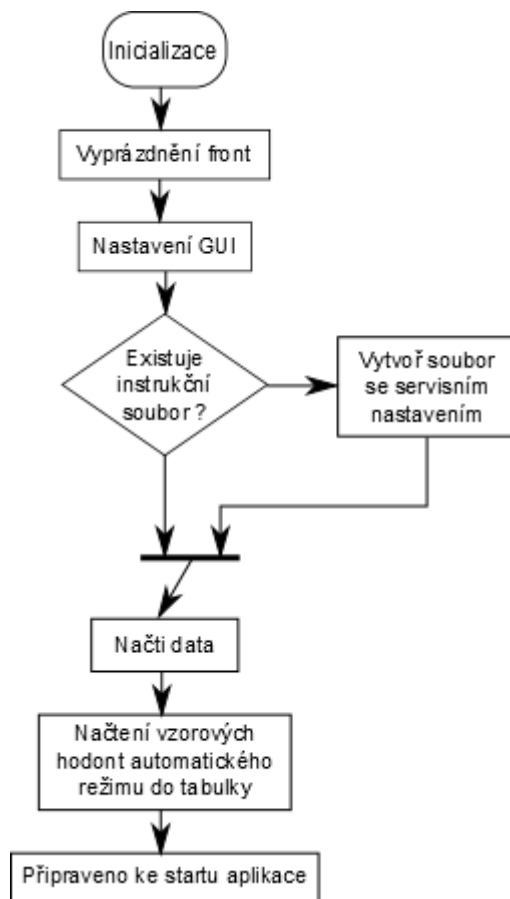
Fronta jedna je měřicí, fronta dvě je ukládací záznamů na disk a fronta tři je pro obsluhu grafické prostředí a řízení programu (viz Obr. 4.3).



Obr. 4.3 – popis předlohy Kontinuální Měření a Záznam

4.1.2. Popis aplikace

Diagram pro inicializaci po startu:



Obr. 4.4 – diagram inicializace

4.1.3. Aplikace

Následuje popis výše popsané architektury, rozšířené o další fronty pro měřicí systém. To znamená že aplikace testeru generátorů má front šest:

1. Kontinuální čtení a zápis na digitální vstupy a výstupy karty
 - blikání LED-ek
 - detekce stisku tlačítek
2. Zátěžová fronta
 - nastavování zátěží
3. Fronta buzení
 - zápis a čtení dat zdroje buzení generátoru
4. Fronta měření
 - vzorkování dat
 - měření $u(t)$, $i(t)$, $M(t)$

- zpracování naměřených dat
 - výpočty veličin
5. Fronta ukládání
- ukládání dat na disk
 - obměna informativního textového statusu v grafickém prostředí
6. Ovládací fronta
- obsluha grafické prostředí
 - řízení programu

4.1.2.1 Ovládání a indikace aplikace pomocí rozvaděče +RZ1

Aplikace je provázána s indikačními a ovládacími prvky na rozvaděči +RZ1 **Obr. 4.5**.



Obr. 4.5 - indikační a ovládací prvky na rozvaděči +RZ1

- Bílá LED – indikace, že je rozvaděč připojen k síti.
- Zelená LED – indikace, že je hlavní otočný spínač sepnut.
- Červená LED – indikace, zda je měnič odpojen od napájení a tím blokován motor.
- Modré LED tlačítko – nabývá třech stavů:
 - Bliká – aplikace je připravena ke spuštění (tlačítko Start v aplikaci);
 - Nesvítí – aplikace je zaneprázdněna -> nelze spustit;
 - Svítí – aplikace je ve stavu měření.
- Černý „hřib“ tlačítko – stlačením se realizuje blokace motoru.

K ovládání pomocí modrého tlačítka je potřeba provést stisk tohoto tlačítka po dobu 3 sec. V programu je stisk tlačítka zjištěn pomocí hlídání sestupné hrany. Když tomu tak nebylo, aplikace se vlivem rušení samovolně zapínala a vypínala. Aplikace se spustí automaticky, ať je nastaven automatický či manuální režim. Zastává jednoduše funkci tlačítka Start a Stop v aplikaci v závislosti na tom, zda se měří či nikoli.

4.1.2.2 Zátěž

Jednotlivé odpory zátěže pro každou fázi se nastavují pomocí relé. Na každou fázi připadá 20 relé. To dohromady dává 60 relé. Dále se využívá 4 relé pro nastavování hodnot. Dohromady se v zátěžovém rozvaděči +RZ3 vyskytuje 64 relé.

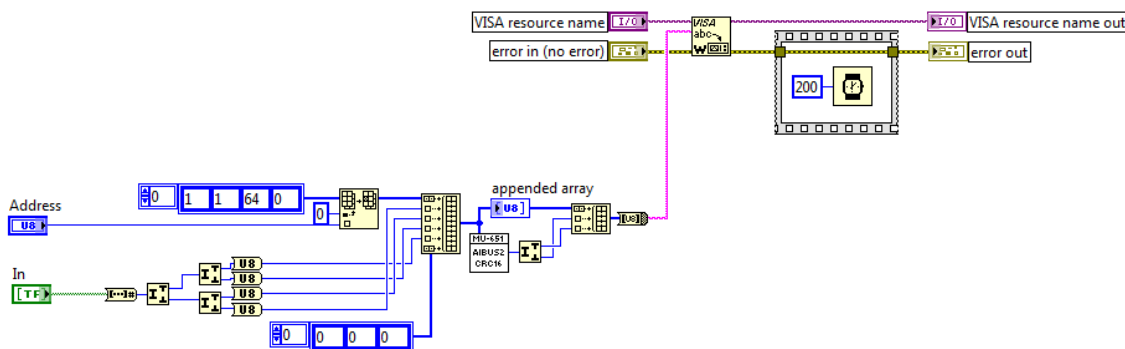
Pro ochranu relé proti poškození při přenastavení se odpojí všechny relé a po provedení konfigurace se opět připojí **Obr. 4.6**.



Obr. 4.6 – diagram změny zátěže

Tyto relé jsou ovládány kartami Tedia, de každá zastává funkci 32 digitálních výstupů. Karty Tedia jsou řízeny ze SW v počítači. Komunikace mezi SW a zátěží je realizována přes USB kabel, do převodníku MOXA USB->RS486 přes architekturu VISA.

Elektrické schéma zátěží v rozvaděči +RZ3 je v projektové dokumentaci **Příloha 2** na straně 15.



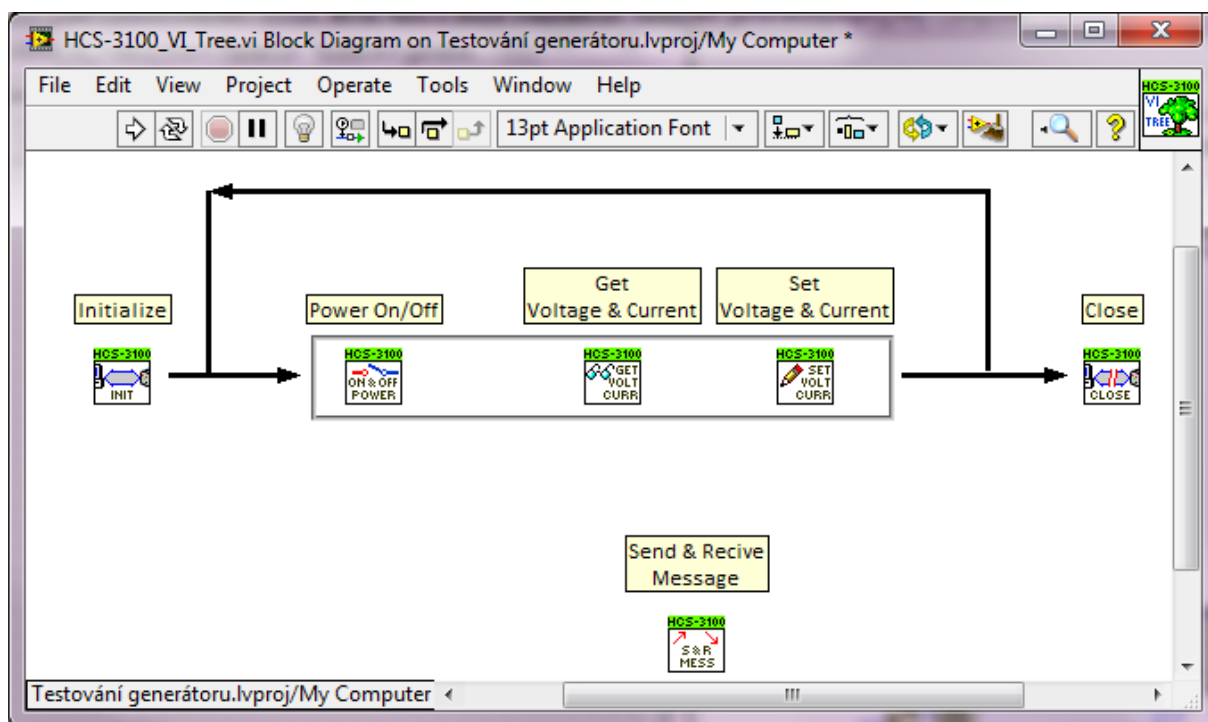
Obr. 4.7 – rámec komunikačního protokolu pro karty Tedia

[illegible]

Obr. 4.8 – tabulka stavů pro jednotlivé odpory fáze L1

4.1.2.3 Buzení generátoru

Zdroj buzení HCS 3100 je ovladatelný pomocí USB. Avšak pro komunikaci mezi zdrojem a SW je potřeba vytvořit ovladač pro nastavování a čtení parametrů Ub a Ib.

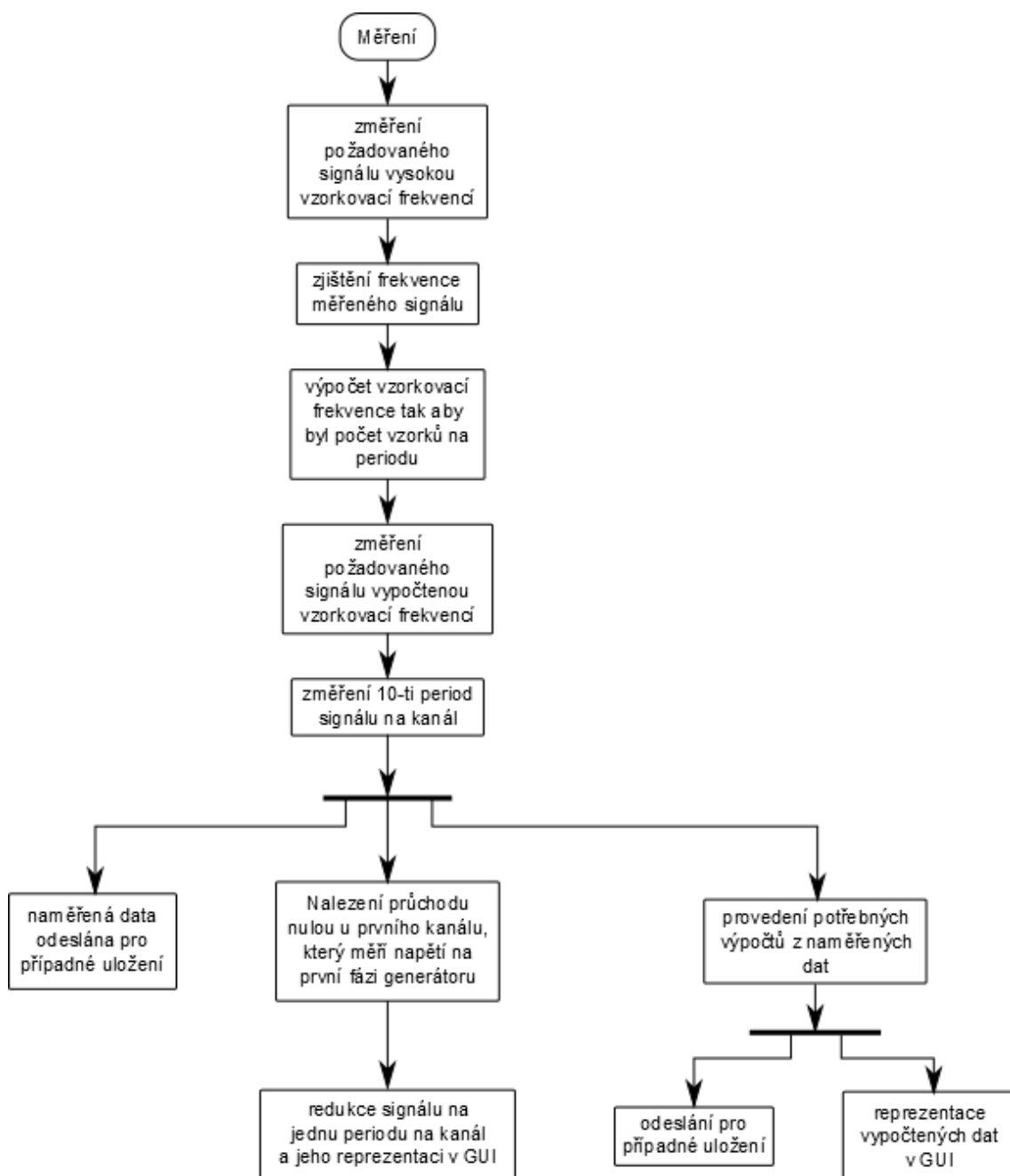


Obr. 4.9 – posloupnost příkazů ovladače

Jakýkoli ovladač má základní strukturu: Inicializace zařízení → Vykonání příkazu(ů) → Ukončení komunikace.

4.1.2.4 Měření

Tento tester je konstruován pro testování různých generátorů s různým počtem pólů. Jelikož se nasnímaná data ukládají a zobrazuje se vždy jedna perioda $u(t)$ a $i(t)$ je potřeba zajistit vždy stejný počet vzorků na periodu.



Obr. 4.10 – diagram kroku měření

Kdyby tomu tak nebylo, tak při testování generátorů s různým počtem pólů, by se vždy zobrazoval a ukládal jiný počet vzorků. Bylo by obtížné zobrazit jednu periodu měřeného signálu. Vypočítávané hodnoty by nebyly počítány přesně s desíti period, takže by měřené hodnoty byly chybné.

- Maximální fvz karty – 250 kS/s
- Počet měřených kanálů – 7
- Maximální vzorkovatelná frekvence - 250 Hz
- Počet vzorků na periodu:

$$vz/per = \frac{fvz\ karty}{počet\ kanálu \cdot max.\ frekvence} = \frac{250\ 000}{7 \cdot 250} = 142 \quad (8)$$

Nejbližší číslo 2^n je 128. Počet vzorků na periodu tedy je 128.

Před každým měřením je potřeba zjistit frekvenci měřeného signálu. Proto se nejprve provede změření prvního kanálu vysokou vzorkovací frekvencí. Vypočte se frekvence signálu a vynásobí počtem vzorků na periodu a počtem kanálů a dostaneme vzorkovací frekvenci.

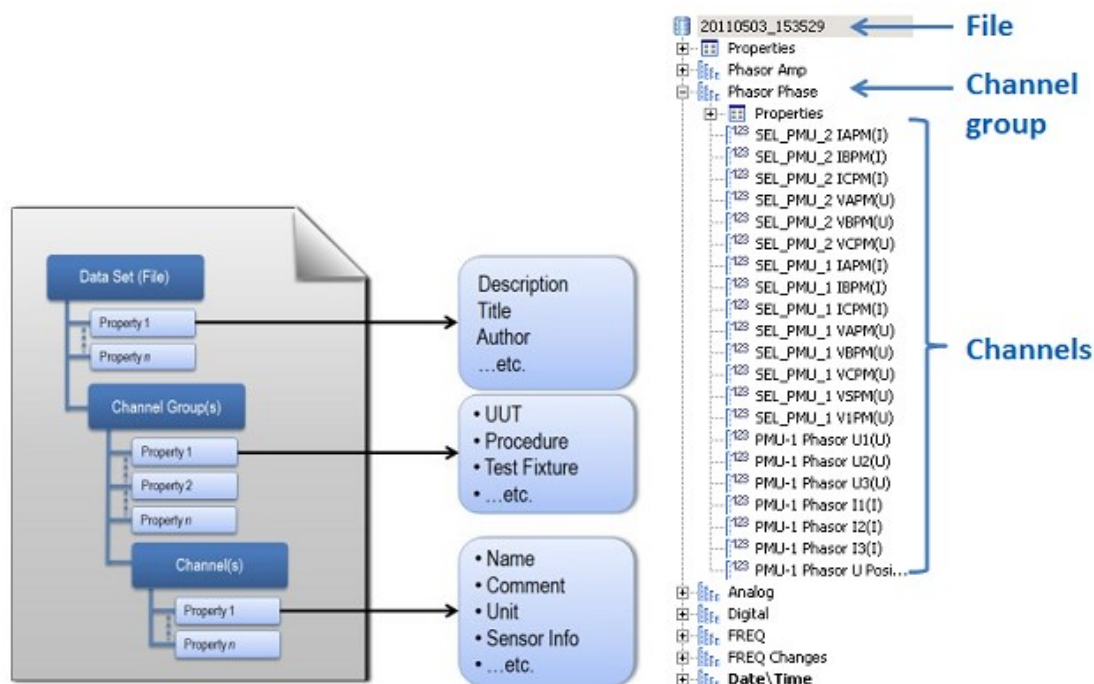
Touto frekvencí se následně provede měření.

4.1.2.5 Ukládání do TDMS

NI TDMS (Technical Data Management Streaming) je binární formát dat a byl vyvinut pro účely měření od firmy National Instruments, a to zejména pro vysokorychlostní zapisování velkého množství dat. TDMS má tři úrovně hierarchické struktury:

- soubor
- skupina kanálů
- kanály

V rámci každé úrovně struktury mohou být vloženy uživatelem definované vlastnosti. TDMS soubory lze otevřít v aplikaci Microsoft Excel (zdarma TDM Excel Add-in), NI DIAdem, NI LabVIEW a dalšími. Pro zrychlení čtení souborů se automaticky přinzápisu přidává indexovací soubor (přípona `tdms_index`) ke každému TDMS souboru.



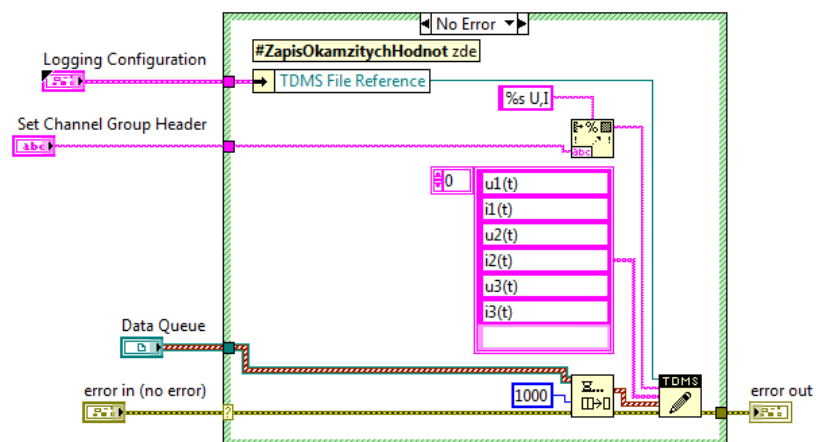
Obr. 4.11 – hierarchická struktura TDMS

Nejvyšší úroveň soubor může obsahovat neomezený počet skupin a každá skupina může obsahovat neomezený počet kanálů. Kvůli tomuto kanálu uskupení, je možné si vybrat, jak organizovat data. Například můžete mít jednu skupinu pro měřená data a další skupina pro analyzovaná data v rámci jednoho souboru. Nebo je možné mít více skupin, které odpovídají jednotlivým typům měřených dat (např. napětí, proud, frekvence). Na každé úrovni hierarchie, je možno uložit neomezený počet uživatelsky definovaných vlastností (typ dat je omezen na: numeric, boolean, string nebo timestamp). Každá úroveň přijímá neomezený počet definovaných vlastností. Hlavní výhodou této hierarchie, že nabízí univerzální způsob dokumentace dat. [5]

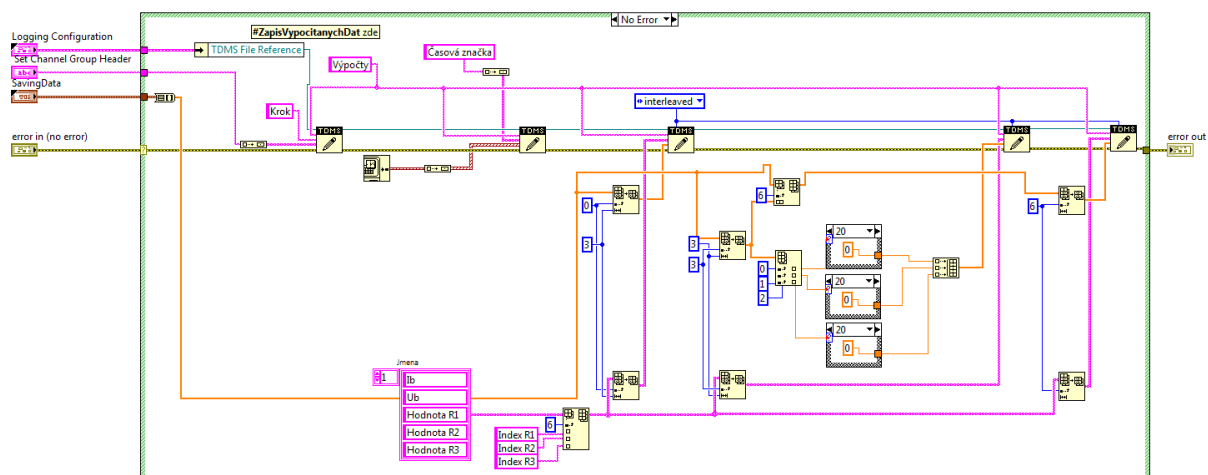
Uložené soubory se automaticky ukládají do souboru, kde je nainstalována aplikace „*\\TesterGeneratoru\\data“. To platí jak pro automatický, tak pro manuální režim měření. Tato cesta se vytvoří automaticky.

V programu se rozlišuje dvojí ukládání.

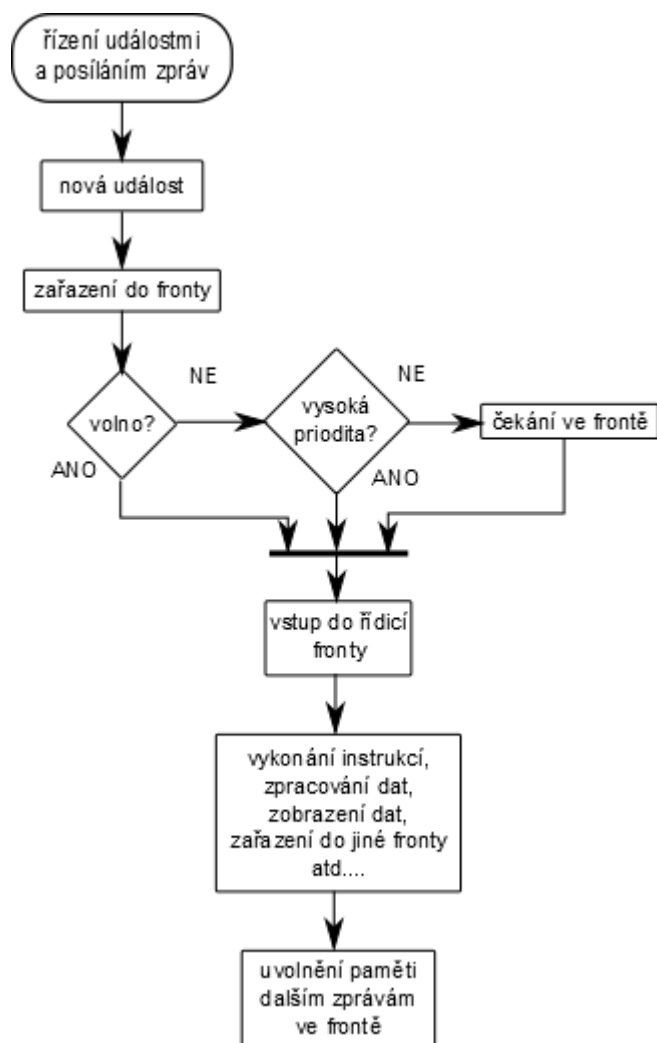
- Ukládání okamžitých hodnot $3 \times u(t)$, $i(t)$
- Ukládání vypočtených hodnot



Obr. 4.12 – zápis okamžitých hodnot



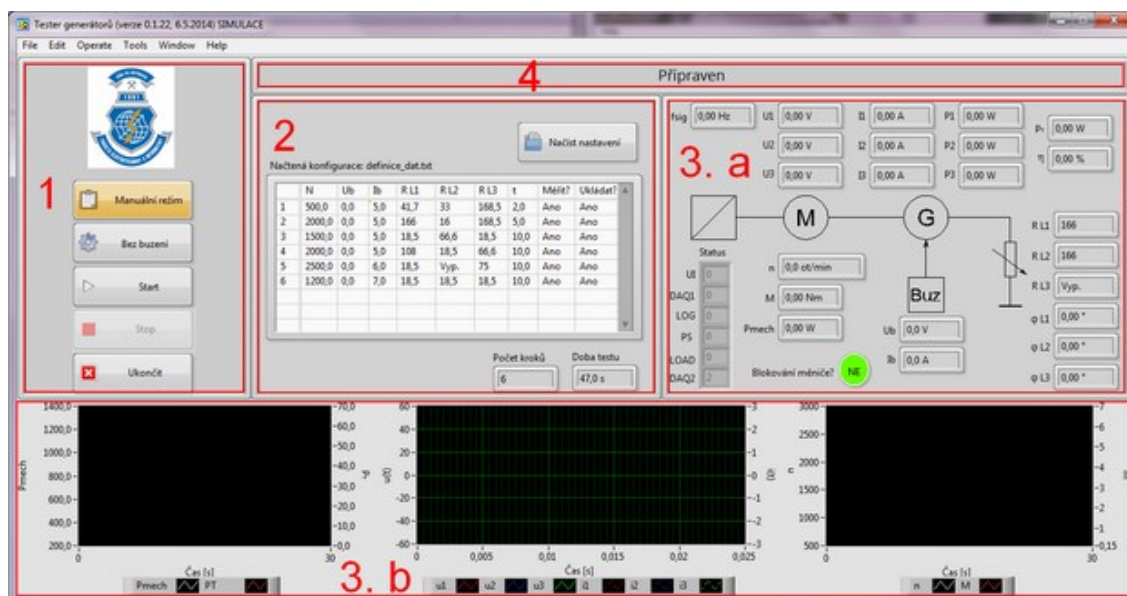
Obr. 4.13 – zápis vypočtených dat



Obr. 4.15 – diagram řídící fronty

4.2. Grafická část hlavní měřicí aplikace

Po spuštění měřicí aplikace se zobrazí okno, které se skládá z několika částí. Ovládací část (1), nastavovací část (2) a část zobrazovací (3), která je rozdělena do oblasti s grafy (3. b), a oblasti se změřenými a vypočtenými hodnotami (3. a). Poslední část je čistě informativní a ukazuje, jaký krok se v programu právě provádí (4). Toto rozdělení je znázorněno na obr. 4.16.



Obr. 4.16 - rozdělení okna

4.2.1. Ovládací část (1)

- Tlačítkem manuální režim / automatický režim se volí režim měření;
- Tlačítkem bez buzení / s buzením si uživatel volí, zda testovaný generátor je s buzením či nikoli;
- Tlačítko start zahajuje samotné měření;
- Tlačítko stop - vypíná měření;
 - V případě automatického režimu je aktivní, dokud měření nedosáhne konce.
- Tlačítko ukončit – ukončí měřicí aplikaci;
 - Jestliže je tlačítko stlačeno v průběhu měření. Zobrazí se výzva pro ukončení. Zde si uživatel může rozhodnout zda aplikaci chce opravdu ukončit a nebo nikoli;

4.2.2. Nastavovací část (2)

Tato část okna se mění v závislosti na režimu měření. To je zobrazeno na **obr. 4.17.a** a **4.17.b**.

Načtená konfigurace: definice_dat.txt

	N	Ub	Ib	R L1	R L2	R L3	t	Měřit?	Ukládat?
1	500,0	0,0	5,0	41,7	33	168,5	2,0	Ano	Ano
2	2000,0	0,0	5,0	166	16	168,5	5,0	Ano	Ano
3	1500,0	0,0	5,0	18,5	66,6	18,5	10,0	Ano	Ano
4	2000,0	0,0	5,0	108	18,5	66,6	10,0	Ano	Ano
5	2500,0	0,0	6,0	18,5	Vyp.	75	10,0	Ano	Ano
6	1200,0	0,0	7,0	18,5	18,5	18,5	10,0	Ano	Ano

Počet kroků: 6 Doba testu: 47,0 s

Počet uložení: 0 Uložit

Otáčky: 1000 Ub: 0 R L1: 166 Ib: 0 R L2: 166 R L3: 166

Obr. 4.17.a – Automatický režim, Obr. 4.17.b – Manuální režim

4.2.2.1. Manuální režim

V manuálním režimu si uživatel volí hodnoty parametrů přímo v aplikaci. S nastavenými parametry se měří tak dlouho, dokud uživatel hodnoty nezmění nebo dokud nezmáčkne tlačítko Stop.

Ukládání

V průběhu měření si uživatel může měřené hodnoty uložit. Uloží se vždy dvě periody okamžitých signálů ($3x u(t)$ a $3x i(t)$) a hodnoty vypočtené.

Tlačítko uložit je aktivní pouze v průběhu měření.

Indikace počtu uložení udává, kolikrát se od Startu měření uložilo.

4.2.2.2. Automatický režim

V automatickém režimu si uživatel navolí požadované hodnoty v krocích, do definičního souboru „*.txt“ **obr. 4.18** Toto nastavení se do měřicí aplikace nastavuje pomocí tlačítka **Načíst nastavení**. Navolené hodnoty ze souboru se zobrazí v tabulce a zobrazí se počet kroků měření a předpokládaná doba měření.

Název vybraného definičního souboru se zobrazuje nad tabulkou.

Definiční soubor

Jednotlivé hodnoty se zapisují v pořadí: Otáčky, Napětí buzení, Proud buzení, Zátěž L1, Zátěž L2, Zátěž L3, Doba setrvání v kroku (ustálení nastavených hodnot), Zda se má tento krok měřit, Zda se má tento krok ukládat.

N	Ub	Ib	L1	L2	L3	t	Meas?	Save?
500	10	5	10	11	12	2	1	0
1000	10	5	11	11	12	5	1	1
1500	10	5	0	0	0	10	1	1
2000	12	5	0	0	0	10	1	1
2500	15	6	0	0	0	10	1	1
3000	18	7	0	0	0	10	1	1

Obr. 4.18 – data v definičním souboru

Jedná se o hodnoty jednotlivých parametrů (přesné pořadí popsáno výše) oddělené tabulátorem.

Nastavení zda se má krok měřit (Meas?) či ukládat (Save?) se řeší pomocí hodnoty **0** a **1**. Kde **1** znamená **Ano** a **0** znamená **NE**.

Nastavení zátěží je definováno pomocí hodnoty **0-20**, kde vysvětlení jednotlivých hodnot je na **obr. 4.19**.

Items	Values	Items	Values
Vyp.	0	150	10
16	1	166	11
18,5	2	168,5	12
33	3	183,3	13
41,7	4	191,7	14
66,6	5	216,6	15
75	6	225	16
83	7	233	17
108	8	258	18
116,7	9	266	19
		300	20

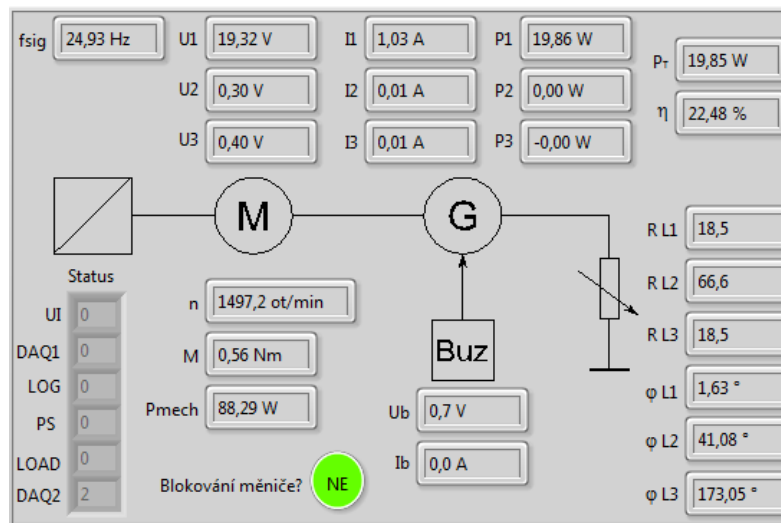
Obr. 4.19 – vysvětlení hodnot zátěží

Ukládání:

V automatickém režimu je prováděno ukládání po vykonání všech kroků definičního souboru zobrazených v tabulce, nebo při ukončení měření tlačítkem stop. V druhém případě se dokončí právě probíhající krok a všechny data se uloží.

4.2.3. Zobrazovací část (3. a)

Tato část okna zobrazuje aktuální naměřené a vypočtené hodnoty, ať už se jedná o režim manuální nebo automatický.



Obr. 4.20 – číselné zobrazení hodnot

4.2.3.1. Status

Tento indikátor na **obr. 4.20** zobrazuje, zda aplikace běží v pořádku. Jednotlivý řádek zobrazuje jak moc je daná fronta zaplněna zprávami („co vše je potřeba udělat“). Jestliže se vyskytne chyba, tester postupně začne plnit frontu příkazy, které nikdo nezpracuje, aplikace se zacyklí a pomocí tohoto indikátoru je možno zjistit, ve které frontě nastala chyba (začali se hromadit data) a může pomoci při jejím odstranění.

V normálním stavu se hodnoty v jednotlivých okýnkách pohybují do hodnoty 15, jestliže se některé číslo dostane za tuto hranici. Tester může zamrznout, nebo provádět neregulérní testování.

4.2.3.2. Zobrazení otáček

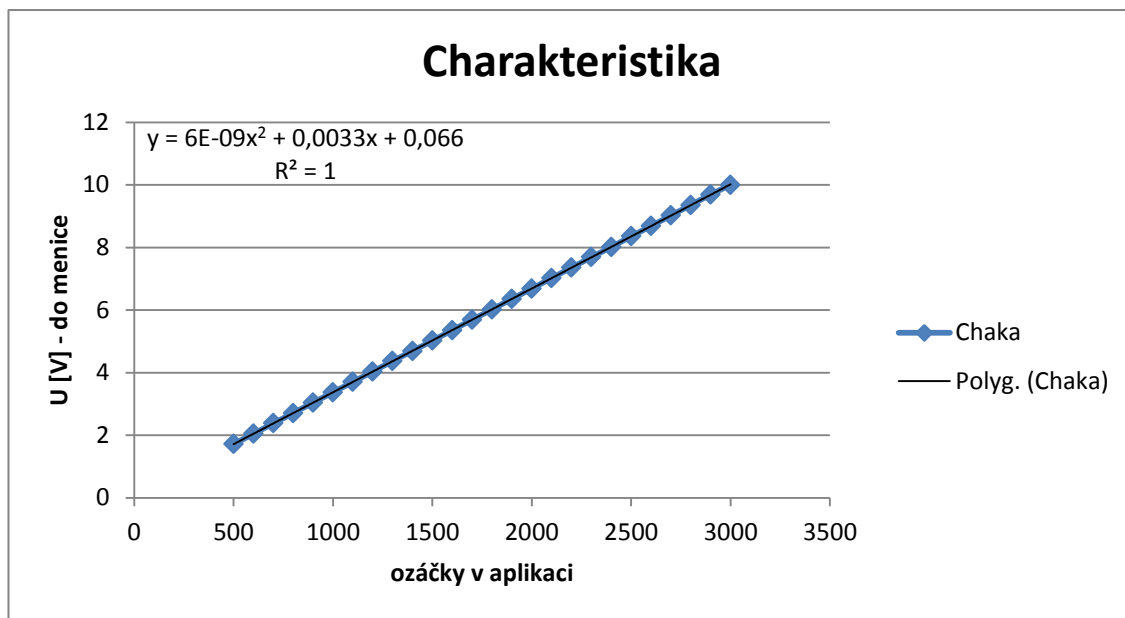
Při zobrazování hodnot je možno si všimnout, že nastavovaná a měřená hodnota otáček není stejná. Zobrazovaná měřená hodnota je hodnotou reálnou.

Tato chyba vzniká při převodu požadované hodnoty zadávané v rozsahu 500-3000 ot/min na hodnotu řídicí v rozsahu 0-10 V.

Převod mezi těmito hodnotami je exponenciální avšak téměř lineární. Nepodařilo se najít takovou převodní charakteristiku, která by převáděla přesněji než použitá charakteristika. Bylo by potřeba použít polynom velmi vysokého řádu.

Použitá charakteristika má tvar:

$$6E^{-9}x^2 + 0,0033x + 0,066 \quad (9)$$



Graf 4.1 – přechodová charakteristika otáček na napětí

4.2.3.3. Zobrazení a výpočet výkonu

Výkony jsou zobrazovány pod hodnotami P_{mech} a P_T . Výpočtem je pak zobrazena hodnota účinnosti (η).

Použité výpočty:

$$\eta = \frac{P_T}{P_{\text{mech}}} \quad (10)$$

kde

P_T = výkon [W]

P_{mech} = příkon [W]

$$P_{\text{mech}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M}{60} + U_b \cdot I_b \quad (11)$$

kde

n = otáčky motoru za minutu [ot/min]

M = točivý moment [Nm]

$U_b = \text{napětí buzení [V]}$

$I_b = \text{proud buzení [A]}$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \quad (12)$$

kde

$P = \text{činný výkon [W]}$

4.2.3.4. Zobrazení a výpočet fázových posunů

Jelikož je generátor zatěžován čistě odporovou zátěží, měřený fázový posun mezi U a I vzniká fázovým posunem modulů na úpravu měřeného signálu.

Jak velké induktivní zatížení vzniká, lze vyčíst z posunu mezi $u(t)$ a $i(t)$.

Použité výpočty:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (13)$$

kde

$P = \text{činný výkon [W]}$

$S = \text{zdánlivý výkon [VA]}$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (14)$$

kde

$U = \text{napětí v jednotlivých fázích [V]}$

$R = \text{vytvořená čistě odporová zátěž [\Omega]}$

$$S = U \cdot I \quad (15)$$

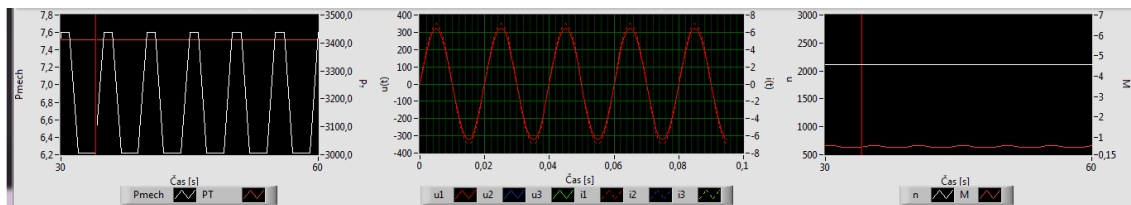
kde

$U = \text{napětí v jednotlivých fázích [V]}$

$I = \text{proud v jednotlivých fázích [A]}$

4.2.4. Zobrazovací část (3. b)

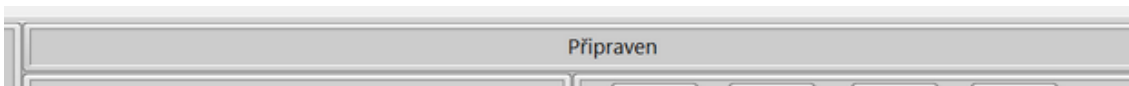
Tato část okna také zobrazuje aktuální naměřené a vypočtené hodnoty, ať už se jedná o režim manuální nebo automatický.



Obr. 4.21 - zobrazení hodnot v grafech

- Levý graf – zobrazení mechanického a elektrického výkonu v závislosti na čase
- Právý graf – zobrazuje otáčky a moment v závislosti na čase
- Prostřední graf – zobrazuje napětí a proud v závislosti na čase
 - Zobrazuje se jedna perioda měřených signálů
 - Zobrazení napětí a proudu je trigrováno k nultému kanálu u1(t)
 - Pouze u tohoto kanálu měřící sw nalezne průchod nulou, a od tohoto místa dále se zobrazí jedna perioda každého kanálu (takto je dosaženo zobrazení posunu mezi fázemi o 120°)
 - Systém je vytvořen pro testování 3 fázových generátorů. Je-li však potřeba otestovat 1 fázový generátor, musí se z výše uvedených důvodu na kartu připojit napětí na kanál 0 a proud na kanál 1

4.2.5. Informativní oblast (4)



Obr. 4.22 – informativní část

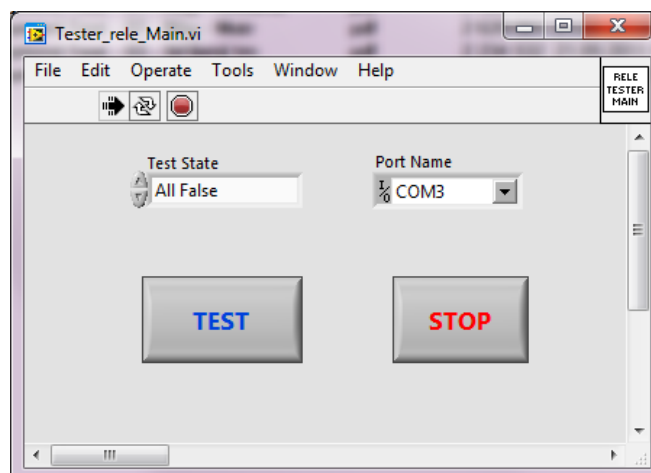
V této oblasti se zobrazuje aktuální dění uvnitř programu. Někdy se uživatel domnívá (i když aplikace běží korektně a probíhá vnitřní inicializace nebo akce trvající delší časovou prodlevu), že se aplikace zasekla, nebo neproběhla akce, kterou zamýšlel a opakovaně akci několikrát vyvolá. Takto může nastat opravdové zahlcení aplikace.

Pro předejití takovému stavu se do aplikací přidává informativní text, který se mění podle aktuálního stavu aplikace.

Jak zjistit opravdové zahlcení aplikace bylo popsáno výše.

4.3. Aplikace pro testování relé

Při testování se používá pro ovládání zátěží soustavy 64 relé ovládaných přes dvě DO karty MU-3251A. Je tedy potřeba zajistit, aby všechny relé byly funkční, a k tomu se využívá programu pro testování této relé soustavy.



Obr. 4.23 – tester relé

Aplikace provádějící testování má intuitivní ovládání, po spuštění je již aktivní vyhledávání portu, na který je soustava připojena. Takže při tomto testu není předepsán USB port pro připojení.

4.3.1. Popis aplikace

- STOP – tímto tlačítkem dojde k ukončení aplikace
- TEST – tímto tlačítkem se provede nastavení požadovaného stavu testu
- Test State – stavy které je možné při testování nastavit
- Port Name – nastavení portu, který je připojen k aplikaci

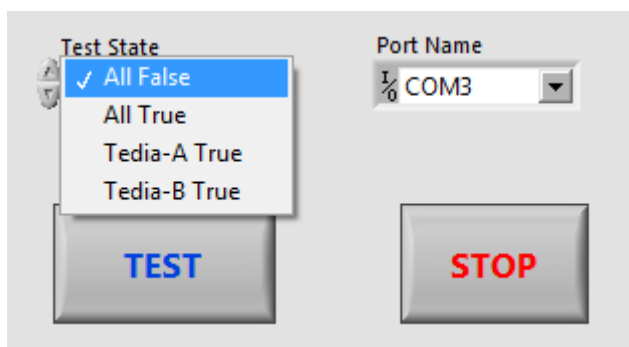
4.3.2. Postup při testování

1. Připojte rozvaděč pro zátěže +RZ3 do sítě
2. Zapněte napájení rozvaděče +RZ3 otočným spínačem (Obr. 4.24)



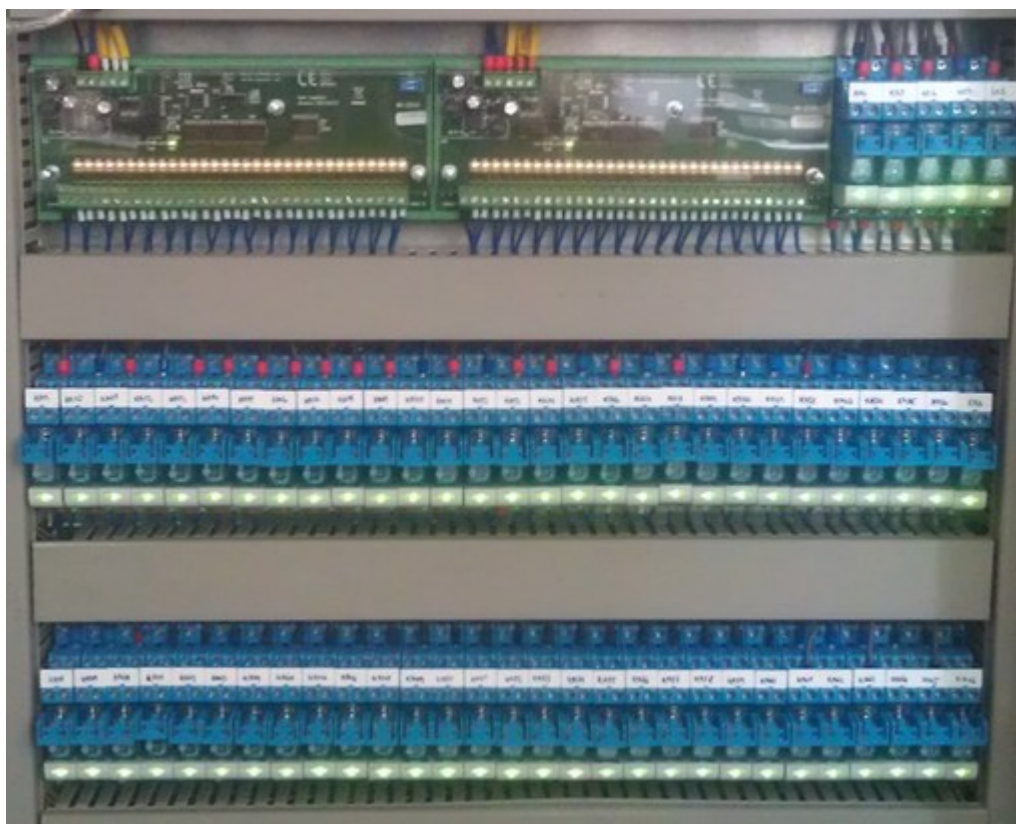
Obr. 4.24 – spínač pro napájení rozvaděče +RZ3

3. Připojte rozvaděč pomocí USB kabelu k PC určenému pro práci s Testerem Generátorů.
4. Zapněte aplikaci pro testování relé (Obr. 4.23).
5. Rozkliknutím nabídky Port Name vyberte port, který je připojený k rozvaděči +RZ3. Tento port se do nabídky přidá automaticky.
6. Vyberte stav, který se má na relé nastavit. Na výběr jsou 4 stavy (Obr. 4.25)



Obr. 4.25 – výběr stavu testu

7. Stiskem tlačítka TEST se provede nastavení relé do požadovaného stavu.
8. Výsledná reakce musí odpovídat:
 - a. All False – Všechny digitální výstupy Tedií a relé zhasnuté
 - b. All True - Všechny digitální výstupy Tedií a relé zozsvíceny
 - c. Tedia-A True – Levá Tedia a první polovina relé rozsvícena zbytek nikoli
 - d. Tedia-B True – Pravá Tedia a druhá polovina relé rozsvícena zbytek nikoli



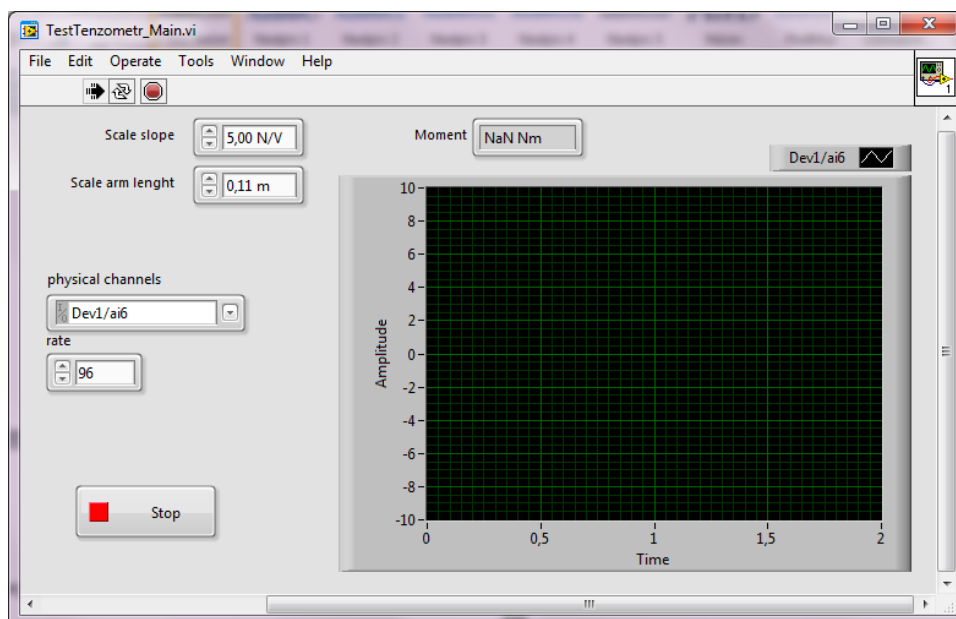
Obr. 4.26 – výsledek testu All True

9. Poslední port na Tedia-B ovládá připojení a odpojení celé soustavy relé od sítě při pře nastavování, takže nereaguje na pokyny testování. Je proto potřeba zkontrolovat zda korektně připojuje a odpojuje zátěže při pře nastavování.
10. Nereaguje-li některé relé a LED na Tedia ano, je vysoká pravděpodobnost, že relé je pokazeno.

4.4. Tester tenzometru

Při testování generátoru je jeho účinnost jedním z nejdůležitějších parametrů. Jelikož se na výpočtu účinnosti podílí také krouticí moment, a protože krouticí moment se měří tenzometrem, je potřeba zajistit, aby tenzometr zobrazoval správnou hodnotu.

K otestování tenzometru se využívá následujícího programu.



Obr. 4.27 – tester tenzometru

Jelikož je tenzometr připojen na měřicí kartu, je potřeba zajistit, aby byla měřicí karta připojena přes USB kabel do PC.

V grafu se zobrazuje hodnota z tenzometru, která je ovlivněna pouze nastavením speciálního převodníku (HBM - Zesilovač pro měření momentu - clip AE 101), který je umístěn v rozvaděči +RZ2.

V indikátoru Moment se zobrazuje hodnota, se kterou se počítá při výpočtu účinnosti při Testování Generátorů. Tato hodnota je ovlivněna dvěma parametry. Které se nastavují také v instrukčním souboru. Jsou to *Scale slope* a *Scale arm lenght*.

4.4.1. Postup při testování

1. Připojte propojené rozvaděče +RZ1 a +RZ2 k síti – rozsvítí se bílá LED na +RZ1;
2. Zapněte napájení rozvaděčů otočným spínačem - rozsvítí se zelená LED na +RZ1;
3. Připojte měřicí kartu (levá USB zdířka na boku rozvaděče +RZ2) pomocí USB kabelu k PC určenému pro práci s Testerem Generátorů;
4. Zapněte aplikaci pro testování tenzometru **Obr. 4.27**;
5. Jestliže ponecháte nastavené hodnoty beze změny, bude zobrazena hodnota taková, která je implicitně i v Testeru Generátorů;
6. *Scale slope* – tato hodnota vychází z manuálu převodníku podle jeho nastavení;
7. *Scale arm lenght* – tato hodnota udává vzdálenost mezi tenzometrem a hřídelí motoru, na kterém tenzometr měří;

8. Rozšířené nastavení – tímto tlačítkem se povolují úpravy hodnot, které by měla provádět pouze zaškolená osoba;
9. Phasical channel – udává kanál na kterém je prováděno měření. Na tomto kanálu je připojen tenzometr, pokud nebyla provedena HW úprava zařízení;
10. Rate – jedná se počet vzorků (rozlišení) se kterým se provádí měření. Tato hodnota je implicitně nastavena na hodnotu používanou v Testeru Generátorů;

5. Závěr

Při realizaci testeru generátoru bylo použito architektury ze spojení událostní struktury a struktury zasílání zpráv.

Zařízení je zkonstruováno pro testování generátorů bez buzení i s buzením. Testovat je možno generátory až 8-mi pólové, jednofázové i trojfázové.

Softwarová část testeru je připravena na testování třífázových generátorů. Z hardwarového hlediska je toto měření omezeno tím, že jsou dodány moduly pro měření U a I pouze pro jednu fázi generátoru. Pro případné rozšíření na třífázový tester však není potřeba významného zásahu do zařízení. Po připojení dodatečných čtyř modulů do měřicího řetězce, je možno okamžitě testovat třífázové generátory. Tester je navržen na jmenovité hodnoty napětí 300V a proudu 12A.

Zařízení bylo testováno s třemi typy generátorů. Testované generátory měl různé počty pólů (4 póly, 6 pólů a 8 pólů), pro dva bylo potřeba externí buzení, pro jeden ne. Jmenovité hodnoty proudu a napětí byly (4A, 120V; 45A, 14V; 5A, 20V). Výsledné hodnoty z testování odpovídali hodnotám očekávaným.

Největším problémem bylo vyřešení měření točivého momentu tenzometrem. Bylo potřeba nastavit zesilovač pro měření momentu - clip AE 101 tak, aby měření bylo dostatečně přesné. Jelikož tenzometr byl připojen vedle motoru, vznikla tak vzdálenost 11 centimetrů mezi snímačem a středem hřídele motoru. Měřený točivý moment proto musel být kalibrován. Kalibrace tenzometru byla provedena tak, že se na půlmetrové rameno, připojené k motoru, zavěsilo jednokilové závaží. Hodnota signálu z tenzometru se musela softwarově upravit tak, aby měřená a vypočtená hodnota síly se shodovala. Ve výsledku byl však tenzometr natolik přesný, že snímal i vibrace motoru a mechanické spojky. Vibrace se podařilo omezit výměnou motorové hřídele. Sále však zůstávají vibrace, které vznikají na spoji mezi motorem a generátorem.

Jelikož tenzometr byl připojen vedle motoru, vznikla vzdálenost 11 centimetrů mezi snímačem a středem hřídele motoru. Měřený točivý moment proto musel být kalibrován. Kalibrace tenzometru byla provedena tak, že se na půlmetrové rameno, připojené k motoru, zavěsilo jednokilové závaží. Hodnota signálu z tenzometru se musela softwarově upravit tak, aby měřená a vypočtená hodnota síly se shodovala.

Bylo také zjištěno, že při propojení zařízení pomocí sběrnice USB, je měřicí testovací systém náchylný na rušení z okolních vlivů. Pro laboratorní podmínky je tento měřicí systém vhodný, ale pokud by měl být uveden do průmyslu, systém by nebyl použitelný a bylo by nutné použít jiné komunikační rozhraní než USB. Rozhraní USB bylo použito z cenových důvodů.

Při ožiování testovací aplikace na novém počítači je nutno pamatovat, že cesty k potřebným souborům a adresářům se musí v instrukčním souboru **Příloha 1** přenastavit. Variantou také je tento soubor smazat a při následném spuštění testovací aplikace se tento

soubor vytvoří již s platnými cestami. Následně je potřeba v tomto souboru, přepsat porty, na kterých se potřebná zařízení (zdroj buzení generátoru a konfigurovatelná zátěž) nachází.

Další vývoj této aplikace by se mohl pokračovat tím, že se pokusí maximálně odrušit tenzometr od vibrací a tím by měření bylo přesnější. Dále by bylo vhodné převést komunikaci přes rozhraní USB tohoto měřicí systému na některou průmyslovou sběrnici např. ProfiBus.

Použitá literatura

- [1] *Princip - Synchronní motor* [online]. 10.01.2014 [Citováno dne].
<<http://www.pohonnatechnika.cz/skola/motory/synchronni-motor>>
- [2] *Elektrický generátor* [online]. 08. 03. 2013, 10.01.2014 [Citováno dne].
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_gener%C3%A1tor>
- [3] *Tenzometr* [online]. 08.01.2014, 10.01.2014 [Citováno dne].
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Tenzometr> >
- [4] *NI USB-6211* [online]. 15.01.2014 [Citováno dne].
<<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/cs/nid/203224>>
- [5] BILÍK, P. *Virtuální instrumentace 2*. Ostrava 2012. Výuková skripta na VŠB - TU Ostrava na Fakultě elektrotechniky a informatiky.
- [6] JOHNSON, G.- JENNINGS,R.: *LabVIEW graphical programming*. McGraw-Hill 2006, ISBN 0-07-145146-3.
- [7] *Účinnost (fyzika)* [online]. 19.01.2014 [Citováno dne].
<http://cs.wikipedia.org/wiki/%C3%9A%C4%8Dinnost_%28fyzika%29>
- [8] *Výkon a krouticí moment* [online]. 19.01.2014 [Citováno dne].
<<http://www.autoznalosti.cz/index.php/motor/31-vykon-a-kroucici-moment.html>>
- [9] *Krouticí moment* [online]. 20.03.2014 [Citováno dne].
<http://cs.wikipedia.org/wiki/To%C4%8Div%C3%BD_moment>
- [10] *Točivý moment a výkon motoru* [online]. 20.03.2014 [Citováno dne].
<<http://fyzweb.cz/materialy/sily/moment/podr.php> >
- [11] *Parametry tenzometru* [online]. 08.04.2014 [Citováno dne].
<http://www.hbm.cz/Prospekty/Sila/S2/p_S2_e.pdf>
- [12] *Projektová dokumentace – Příloha 2*
- [13] MLČÁK, T. - VRÁNA, V.:*Elektrické stroje*. Ostrava 2006. Výuková skripta na VŠB - TU Ostrava na Fakultě elektrotechniky a informatiky.
- [14] *Datasheet k zesilovači clip AE101* [online]. 03.05.2014 [Citováno dne].
<<http://www.hbm.com.pl/pdf/a0114.pdf>>
- [15] *Asynchronní motory* [online]. 18.04.2014 [Citováno dne].
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronn%C3%AD_motor>
- [16] UHLÍŘ, I. a kolektiv, L. *Elektrické pohony a stroje*. 2. Vyd. Praha: ČVUT, 2007, ISBN 978-80-01-03730-0.

Přílohy

Příloha 1 – instrukční soubor hlavní části programu

```
<?xml version='1.0' standalone='yes' ?>
<LVData xmlns="http://www.ni.com/LVData">
  <Version>13.0</Version>    //Verze programu
  <Cluster>
    <Name>Settings in</Name>
    <NumElts>3</NumElts>
    <Cluster>
      <Name>Hardware</Name>
      <NumElts>16</NumElts>
      <DAQChannel>
        <Name>DAQ AI Strain Gauge</Name>
        <Val>Dev1/ai6</Val>    //kanál kde je připojen tenzometr
      </DAQChannel>
      <DAQChannel>
        <Name>DAQ AO Engine Speed</Name>
        <Val>Dev1/ao0</Val>    //kanál kde je připojen měnič
      </DAQChannel>
      <DAQChannel>
        <Name>DAQ DI Stop</Name>
        <Val>Dev1/port0/line2</Val>    //port kterým se ovládá hřib tlačítko blokování měniče
      </DAQChannel>
      <DAQChannel>
        <Name>DAQ DI Button</Name>
        <Val>Dev1/port0/line3</Val>    //port kterým se ovládá start/stop testeru na rozvaděči
      </DAQChannel>
      <DAQChannel>
        <Name>DAQ DO Engine Start/Stop</Name>
        <Val>Dev1/port1/line0</Val>    //port kterým se ovládá start/stop motoru
      </DAQChannel>
      <DAQChannel>
        <Name>DAQ DO Button LED</Name>
        <Val>Dev1/port1/line1</Val>    //port kterým se signalizuje blokace měniče
      </DAQChannel>
      <DAQChannel>
        <Name>DAQ Cntrl Cycles</Name>
        <Val>/Dev1/PFI0</Val>    //kanál kde je připojen čítač pro měření otáček
      </DAQChannel>
      <Refnum>
        <Name>VISA Power Source</Name>
        <RefKind>VISA</RefKind>
        <Val>COM3</Val>    //port USB, ke kterému je kabelem připojen zdroj pro buzení
      </Refnum>
      <Refnum>
        <Name>VISA Load</Name>
        <RefKind>VISA</RefKind>
        <Val>COM6</Val>    //port USB, ke kterému je kabelem připojena zátěž
```

```

</Refnum>
<Boolean>
<Name>Simulation?</Name>
<Val>0</Val>    //hodnota 0 a 1 označující zda se jedná o simulaci nebo test s připojeným zařízením
</Boolean>
<DBL>
<Name>AI Sample rate</Name>
<Val>10000.000000000000000</Val>
</DBL>
<U32>
<Name>AI #S/CH</Name>
<Val>0</Val>
</U32>
<Cluster>
<Name>Load.Address</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<U8>
<Name>TediaA</Name>
<Val>1</Val>    //adresa DO modulu Tedia-A
</U8>
<U8>
<Name>TediaB</Name>
<Val>2</Val>    //adresa DO modulu Tedia-B
</U8>
</Cluster>
<Array>
<Name>AI Modules</Name>
<Dimsize>6</Dimsize>
<Cluster>
<Name>Module</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DBL>
<Name>slope(-)</Name>
<Val>50.000000000000000</Val>    //převodní konstanta pro kanál AI0, kde je připojen u1(t)
</DBL>
<DBL>
<Name>offset(V)</Name>
<Val>0.000000000000000</Val>    //hodnota offsetu pro kanál AI0, kde je připojen u1(t)
</DBL>
</Cluster>
<Cluster>
<Name>Module</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DBL>
<Name>slope(-)</Name>
<Val>2.000000000000000</Val>    //převodní konstanta pro kanál AI1, kde je připojen i1(t)
</DBL>
<DBL>
<Name>offset(V)</Name>
<Val>0.000000000000000</Val>    //hodnota offsetu pro kanál AI1, kde je připojen i1(t)
</DBL>

```

```

</Cluster>
<Cluster>
<Name>Module</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DBL>
<Name>slope(-)</Name>
<Val>50.00000000000000</Val> //převodní konstanta pro kanál AI2, kde je připojen u2(t)
</DBL>
<DBL>
<Name>offset(V)</Name>
<Val>0.00000000000000</Val> //hodnota offsetu pro kanál AI2, kde je připojen u2(t)
</DBL>
</Cluster>
<Cluster>
<Name>Module</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DBL>
<Name>slope(-)</Name>
<Val>2.00000000000000</Val> //převodní konstanta pro kanál AI3, kde je připojen i2(t)
</DBL>
<DBL>
<Name>offset(V)</Name>
<Val>0.00000000000000</Val> //hodnota offsetu pro kanál AI3, kde je připojen i2(t)
</DBL>
</Cluster>
<Cluster>
<Name>Module</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DBL>
<Name>slope(-)</Name>
<Val>50.00000000000000</Val> //převodní konstanta pro kanál AI4, kde je připojen u3(t)
</DBL>
<DBL>
<Name>offset(V)</Name>
<Val>0.00000000000000</Val> //hodnota offsetu pro kanál AI4, kde je připojen u3(t)
</DBL>
</Cluster>
<Cluster>
<Name>Module</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DBL>
<Name>slope(-)</Name>
<Val>2.00000000000000</Val> //převodní konstanta pro kanál AI5, kde je připojen i3(t)
</DBL>
<DBL>
<Name>offset(V)</Name>
<Val>0.00000000000000</Val> //hodnota offsetu pro kanál AI5, kde je připojen i3(t)
</DBL>
</Cluster>
</Array>
<Array>

```



```

<Name>AI Inputs</Name>
<Dimsize>6</Dimsize>
<Cluster>
  <Name>AI Input</Name>
  <NumElts>2</NumElts>
  <DAQChannel>
    <Name>Input</Name>
    <Val>Dev1/ai0</Val>
  </DAQChannel>
  <EW>
    <Name>Range</Name>    //možné hodnoty rozsahů karty pro kanál AI0, kde je připojen u1(t)
    <Choice>200mV</Choice>
    <Choice>1V</Choice>
    <Choice>5V</Choice>
    <Choice>10V</Choice>
    <Val>3</Val>
  </EW>
</Cluster>
<Cluster>
  <Name>AI Input</Name>
  <NumElts>2</NumElts>
  <DAQChannel>
    <Name>Input</Name>
    <Val>Dev1/ai1</Val>
  </DAQChannel>
  <EW>
    <Name>Range</Name>    //možné hodnoty rozsahy karty pro kanál AI1, kde je připojen i1(t)
    <Choice>200mV</Choice>
    <Choice>1V</Choice>
    <Choice>5V</Choice>
    <Choice>10V</Choice>
    <Val>3</Val>
  </EW>
</Cluster>
<Cluster>
  <Name>AI Input</Name>
  <NumElts>2</NumElts>
  <DAQChannel>
    <Name>Input</Name>
    <Val>Dev1/ai2</Val>
  </DAQChannel>
  <EW>
    <Name>Range</Name>    //možné hodnoty rozsahy karty pro kanál AI2, kde je připojen u2(t)
    <Choice>200mV</Choice>
    <Choice>1V</Choice>
    <Choice>5V</Choice>
    <Choice>10V</Choice>
    <Val>3</Val>
  </EW>
</Cluster>
<Cluster>

```

```

<Name>AI Input</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DAQChannel>
<Name>Input</Name>
<Val>Dev1/ai3</Val>
</DAQChannel>
<EW>
<Name>Range</Name>    //možné hodnoty rozsahy karty pro kanál AI3, kde je připojen i2(t)
<Choice>200mV</Choice>
<Choice>1V</Choice>
<Choice>5V</Choice>
<Choice>10V</Choice>
<Val>3</Val>
</EW>
</Cluster>
<Cluster>
<Name>AI Input</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DAQChannel>
<Name>Input</Name>
<Val>Dev1/ai4</Val>
</DAQChannel>
<EW>
<Name>Range</Name>    //možné hodnoty rozsahy karty pro kanál AI4, kde je připojen u3(t)
<Choice>200mV</Choice>
<Choice>1V</Choice>
<Choice>5V</Choice>
<Choice>10V</Choice>
<Val>3</Val>
</EW>
</Cluster>
<Cluster>
<Name>AI Input</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<DAQChannel>
<Name>Input</Name>
<Val>Dev1/ai5</Val>
</DAQChannel>
<EW>
<Name>Range</Name>    //možné hodnoty rozsahy karty pro kanál AI5, kde je připojen i3(t)
<Choice>200mV</Choice>
<Choice>1V</Choice>
<Choice>5V</Choice>
<Choice>10V</Choice>
<Val>3</Val>
</EW>
</Cluster>
</Array>
<Cluster>
<Name>strain gauge Scale</Name>
<NumElts>2</NumElts>

```

```

<DBL>
<Name>slope(N/V)</Name>
<Val>5.000000000000000</Val> //převodní konstanta pro tenzometr
</DBL>
<DBL>
<Name>arm lenght(m)</Name>
<Val>0.110000000000000</Val> //vzdálenost mezi tenzometrem a středem hřídele měřeného zařízení
</DBL>
</Cluster>
</Cluster>
<Cluster>
<Name>Logging</Name>
<NumElts>2</NumElts>
<Path>
<Name>Log File Path</Name>
<Val>C:\Users\Dawid\Dropbox\Davaj_dropaci\Kompletace\20140217a_Tester
generatoru\Source\data</Val> //cesta kde se ukládají naměřené hodnoty
</Path>
<Refnum>
<Name>TDMS File Reference</Name>
<RefKind>TDMS File</RefKind>
<Val>0x00000000</Val>
</Refnum>
</Cluster>
<Cluster>
<Name>Configuration</Name>
<NumElts>1</NumElts>
<Path>
<Name>Table File Path</Name>
<Val>C:\Users\Dawid\Dropbox\Davaj_dropaci\Kompletace\20140217a_Tester
generatoru\Source\definice_dat.txt</Val> //cesta kde je uložen iniciační soubor hodnot pro
automatický režim
</Path>
</Cluster>
</Cluster>
</LVData>

```

Příloha 2 – Projektová dokumentace